



Fruticultura



2^a
EDICIÓN

MP

M. AGUSTÍ
Dr. Ingeniero Agrónomo
Catedrático de Universidad
Departamento de Producción Vegetal
Universidad Politécnica. Valencia

FRUTICULTURA



Ediciones Mundi-Prensa

Madrid • Barcelona • México

2010

Grupo Mundi-Prensa

- **Mundi-Prensa Libros, s. a.**
Madrid

- **Mundi-Prensa Barcelona**
- **Editorial Aedos, s. a.**

- **Mundi-Prensa México, s. a. de C. V.**
México, D. F.

© 2010, M. Agustí

© 2010, Ediciones Mundi-Prensa

El autor desea agradecer la ayuda en la revisión de algunos capítulos a:

Marisa Badenes, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Moncada, Valencia.

Francesco Calabrese, Università degli Studi di Palermo, Italia.

Ricardo Cautín, Fac. Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.

Ricardo Fernández-Escobar, ETSIA, Universidad de Córdoba.

Victor Galán, Instituto Canario de Investigaciones Agrarias, La Laguna, Sta. Cruz de Tenerife.

José García-Jiménez, ETSIA, Universidad Politécnica de Valencia.

Fernando García-Marí, ETSIA, Universidad Politécnica de Valencia.

Ignasi Iglesias, Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries, Lleida.

Gerardo Llácer, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Moncada, Valencia.

Ivo Manica, Faculdade de Agronomia, Universidade de Brasília, Brasil.

Amparo Martínez Fuentes, Instituto Agroforestal Mediterráneo, Universidad Politécnica, Valencia.

Pablo Melgarejo, Universidad Miguel Hernández, Elche, Alicante.

Carlos Mesejo Conejos, Departamento de Producción Vegetal, Universidad Politécnica, Valencia.

Carmina Reig Valor, Departamento de Producción Vegetal, Universidad Politécnica, Valencia.

Domingo Salazar, ETSIA, Universidad Politécnica de Valencia.

INDICE

Capítulo 1. Introducción	23
1. Los cultivos leñosos	23
2. Especies frutales en cultivo	24
3. Distribución del cultivo y producción	27
4. Referencias bibliográficas	30
Capítulo 2. La planta	31
1. El árbol frutal	31
2. El sistema radicular	32
3. El tronco y sus ramificaciones	34
3.1. Tipos de yemas	34
3.2. Estructuras vegetativas y florales	37
4. Periodos anuales de los árboles frutales	41
4.1. El reposo invernal	41
4.2. El periodo de actividad vegetativa	43
5. Fases de la vida del árbol	44
6. Periodo productivo de los árboles frutales	46
7. Referencias bibliográficas	47
Capítulo 3. El medio	49
1. El suelo	49
1.1. Composición del suelo	49
1.2. Características físicas del suelo	50
1.2.1. Permeabilidad	51
1.2.2. Profundidad	52
1.3. Características químicas	55
1.3.1. Disponibilidad de nutrientes	55
1.3.2. Materia orgánica	56
1.3.3. Salinidad	57

1.3.4.	La reacción pH del suelo	59
1.3.5.	Caliza activa	59
2.	El clima	60
2.1.	Latitud y altitud	61
2.2.	Temperatura	62
2.3.	Lluvia y humedad relativa	65
2.4.	Luz	67
2.5.	Viento	68
3.	Referencias bibliográficas	70
Capítulo 4. Fotosíntesis y producción		71
1.	Captación y utilización de la luz	71
2.	Potencial fotosintético	73
2.1.	Respuesta foliar a las variaciones luminosas	75
2.2.	Conductancia estomática	75
2.3.	Influencia de la concentración de CO ₂	76
2.4.	Nitrógeno y actividad fotosintética	77
2.5.	Dependencia térmica de la fotosíntesis	77
3.	Eficiencia fotosintética	78
3.1.	Influencia del fruto en la fotosíntesis	78
3.2.	Azúcares de transporte	79
3.3.	Respiración oscura	81
3.4.	Utilización de carbohidratos por el árbol	82
3.5.	Relaciones entre fotosíntesis y cosecha	84
4.	Referencias bibliográficas	86
Capítulo 5. La nutrición mineral de los frutales		87
1.	Determinación del estado nutricional de los árboles frutales	87
2.	La utilización del nitrógeno por los frutales	91
2.1.	Absorción de nitrógeno	91
2.2.	Utilización del nitrógeno de reserva en los frutales	92
2.3.	Respuesta de los frutales a la aplicación de nitrógeno.	93
3.	La utilización de macronutrientes por los árboles frutales	95
3.1.	Calcio	95
3.2.	Potasio	97
3.3.	Fósforo	99
3.4.	Magnesio	100
4.	La utilización de micronutrientes por los árboles frutales	101
4.1.	Hierro	101
4.2.	Cinc	102
4.3.	Manganeso	103
4.4.	Boro	103
4.5.	Azufre	104

4.6. Cobre	105
4.7. Molibdeno	105
5. Referencias bibliográficas	106
Capítulo 6. Latencia, brotación y floración	107
1. El periodo de reposo en los frutales	107
2. Exigencias térmicas	110
2.1. Métodos empíricos de medida	110
2.2. Nuevos modelos de cuantificación de la latencia	114
2.3. Daños que produce la falta de frío invernal	114
3. Necesidades de calor	115
4. Variaciones nutricionales endógenas durante la latencia	115
5. La floración	119
5.1. Inducción floral	119
5.2. Diferenciación floral	121
6. Fenología. Estados fenológicos	123
6.1. Aspectos generales	123
6.2. Características de la escala BBCH	125
7. Referencias bibliográficas	125
Capítulo 7. Desarrollo del fruto	127
1. El fruto. Estructura y función	127
2. Polinización	129
3. Partenocarpia	133
4. El desarrollo del fruto. Fases	135
4.1. El desarrollo inicial del fruto. Cuajado	137
4.2. La expansión celular	140
5. El control hormonal del crecimiento del fruto	144
6. Referencias bibliográficas	147
Capítulo 8. Maduración del fruto. Senescencia	149
1. El proceso de la maduración. Tipos de frutos	149
2. El control hormonal de la maduración	152
3. Ingeniería genética y control de la maduración	155
4. Senescencia	157
5. Referencias bibliográficas	159
Capítulo 9. Prolongación de la vida del fruto. Técnicas poscosecha ...	161
1. Introducción	161
2. Causas patológicas del deterioro de los frutos	162
3. Técnicas poscosecha de control patológico	164
3.1. Baja temperatura	164
3.2. Modificación de la atmósfera	165

3.3. Tratamientos hormonales	167
3.4. Tratamientos químicos. Limitaciones	167
4. Causas fisiológicas del deterioro de los frutos tras su recolección. Control	169
4.1. Factores precosecha	170
4.2. Factores relacionados con la recolección	172
5. Técnicas poscosecha de control fisiológico	174
5.1. Tratamientos pre-almacenamiento	174
5.2. Tratamientos de almacenamiento	175
5.3. Humedad	176
5.4. Atmósfera controlada	177
6. Referencias bibliográficas	178
Capítulo 10. Propagación y mejora del material vegetal	179
1. Propagación del material vegetal	179
1.1. Propagación sexual	179
1.2. Propagación vegetativa	181
1.2.1. Rizogénesis	183
1.2.2. Micropropagación	184
1.2.3. Otros tipos de propagación	185
1.2.4. Injerto	188
2. Patrones	193
2.1. Aspectos generales	193
2.2. Influencia del patrón sobre el desarrollo de la variedad	194
2.3. Tipos de patrones	196
2.4. Características que debe reunir un buen patrón	197
3. Producción de plantas. Viveros	198
3.1. Localización de un vivero	198
3.2. Manejo y organización de un vivero	199
4. Mejora del material vegetal	200
4.1. Mejora genética	200
4.2. Mejora sanitaria	202
5. Referencias bibliográficas	205
Capítulo 11. Técnicas de cultivo	207
1. Plantación	207
2. Mantenimiento del suelo	213
3. El riego	218
4. La fertilización	220
5. Poda	221
5.1. Fundamentos y objetivos de la poda	221
5.2. Tipos de poda	222
5.3. Podas de formación	224

5.4. Podas de fructificación	228
5.5. Poda en verde	230
6. Sobreinjerto	231
7. Rayado de ramas	232
8. Protección del cultivo	234
8.1. Plagas	234
8.2. Enfermedades	239
9. Otras prácticas culturales	243
10. Referencias bibliográficas	245
 Capítulo 12. Frutales de pepita	247
1. Introducción	247
2. El peral	247
2.1. Clasificación agronómica	248
2.2. Adaptación ecológica	251
2.3. Nutrición. Fertilización	251
2.4. Plagas	252
2.5. Enfermedades	253
2.6. Patrones	255
2.7. Técnicas de cultivo	257
3. El manzano	258
3.1. Clasificación agronómica	258
3.2. Adaptación ecológica	262
3.3. Nutrición. Fertilización	262
3.4. Plagas	263
3.5. Enfermedades	264
3.6. Patrones	265
3.7. Técnicas de cultivo	267
4. Estadios fenológicos de los frutales de pepita. Codificación BBCH ..	268
5. Referencias bibliográficas	271
 Capítulo 13. Frutales de hueso	273
1. Introducción	273
2. El albaricoquero	274
2.1. Clasificación agronómica	274
2.2. Adaptación ecológica	276
2.3. Nutrición. Fertilización	277
3. El cerezo	277
3.1. Clasificación agronómica	278
3.2. Adaptación ecológica	279
3.3. Nutrición. Fertilización	280
4. El ciruelo	280
4.1. Clasificación agronómica	281

4.2. Adaptación ecológica	284
4.3. Nutrición. Fertilización	284
5. El melocotonero	286
5.1. Clasificación agronómica	286
5.2. Adaptación ecológica	290
5.3. Nutrición. Fertilización	290
6. Estadios fenológicos de los frutales de hueso. Codificación BBCH ..	291
7. Plagas de los frutales de hueso	295
8. Enfermedades	296
8.1. Enfermedades criptogámicas	296
8.2. Bacteriosis	298
8.3. Virosis y enfermedades afines	298
9. Patrones	300
10. Técnicas de cultivo	303
11. Referencias bibliográficas	307
Capítulo 14. Cítricos	309
1. Introducción	309
2. Clasificación botánica y agronómica	311
2.1. Naranja dulce (<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck)	311
2.2. Mandarinas	313
2.3. Pomelos (<i>Citrus paradisi</i> Macf.)	315
2.4. Híbridos	316
2.5. Limón (<i>Citrus limon</i> (L.) Burm.)	319
2.6. Limas (<i>Citrus latifolia</i> L.)	320
3. Adaptación ecológica	321
4. Estadios fenológicos de los cítricos. Codificación BBCH	323
5. Nutrición. Fertilización	327
6. Plagas	329
7. Enfermedades	332
7.1. Enfermedades criptogámicas	332
7.2. Virosis y enfermedades afines	332
8. Patrones	335
9. Técnicas de cultivo	336
10. Referencias bibliográficas	345
Capítulo 15. El olivo	347
1. Introducción	347
2. Clasificación agronómica	348
3. Adaptación ecológica	351
4. Estadios fenológicos del olivo. Codificación BBCH	351
5. Nutrición. Fertilización	354
6. Plagas	355

7. Enfermedades	357
8. Patrones	358
9. Prácticas culturales	359
10. Referencias bibliográficas	361
 Capítulo 16. Frutos secos	363
1. Introducción	363
2. El almendro	364
2.1. Caracterización botánica y agronómica	364
2.2. Adaptación ecológica	367
2.3. Exigencias nutricionales. Fertilización	367
2.4. Plagas	367
2.5. Enfermedades	368
2.6. Patrones	370
2.7. Prácticas culturales	371
2.8. Técnicas poscosecha	371
2.9. Referencias bibliográficas	372
3. El avellano	372
3.1. Caracterización botánica y agronómica	372
3.2. Adaptación ecológica	374
3.3. Nutrición. Fertilización	375
3.4. Plagas	375
3.5. Enfermedades	376
3.6. Patrones	376
3.7. Prácticas culturales	377
3.8. Técnicas poscosecha	377
3.9. Referencias bibliográficas	378
4. El nogal	378
4.1. Caracterización botánica y agronómica	378
4.2. Adaptación ecológica	381
4.3. Nutrición. Fertilización	382
4.4. Plagas	383
4.5. Enfermedades	384
4.6. Patrones	385
4.7. Prácticas culturales	386
4.8. Técnicas poscosecha	387
4.9. Referencias bibliográficas	388
5. El castaño	388
5.1. Caracterización botánica y agronómica	389
5.2. Adaptación ecológica	391
5.3. Nutrición. Fertilización	391
5.4. Plagas	392
5.5. Enfermedades	393

5.6.	Patrones	394
5.7.	Prácticas culturales	394
5.8.	Técnicas poscosecha	395
5.9.	Referencias bibliográficas	395
6.	Otras especies	395
6.1.	El pistachero	395
6.2.	El algarrobo	398
6.3.	Macadamia	400
6.4.	Nogal Pecán	402
Capítulo 17.	Otros frutales de zonas templadas	407
1.	El níspero japonés	407
1.1.	Clasificación botánica y agronómica	407
1.2.	Adaptación ecológica	409
1.3.	Nutrición. Fertilización	410
1.4.	Plagas	410
1.5.	Enfermedades	411
1.6.	Patrones	411
1.7.	Prácticas culturales	412
1.8.	Referencias bibliográficas	413
2.	El caqui	414
2.1.	Características botánicas y agronómicas	414
2.2.	Adaptación ecológica	417
2.3.	Nutrición. Fertilización	418
2.4.	Plagas	418
2.5.	Enfermedades	420
2.6.	Patrones	420
2.7.	Técnicas de cultivo	421
2.8.	Técnicas poscosecha	422
2.9.	Referencias bibliográficas	423
3.	La higuera	423
3.1.	Características botánicas y agronómicas	423
3.2.	Adaptación ecológica	427
3.3.	Nutrición. Fertilización	428
3.4.	Plagas	429
3.5.	Enfermedades	429
3.6.	Prácticas culturales	430
3.7.	Referencias bibliográficas	431
4.	El granado	431
4.1.	Características botánicas y clasificación agronómica	432
4.2.	Adaptación ecológica	434
4.3.	Nutrición. Fertilización	435
4.4.	Plagas	436
4.5.	Enfermedades	437

4.6.	Desórdenes fisiológicos	437
4.7.	Patrones	438
4.8.	Técnicas de cultivo	438
4.9.	Técnicas poscosecha	440
4.10.	Referencias bibliográficas	441
5.	El litchi	441
5.1.	Referencias bibliográficas	444
6.	Otros frutales	444
6.1.	El nashi	444
	Referencias bibliográficas	450
6.2.	La palmera datilera	450
6.3.	Referencias bibliográficas	454
Capítulo 18.	Frutales tropicales de mayor interés	455
1.	La platanera	455
1.1.	Clasificación botánica y agronómica	456
1.2.	Adaptación ecológica	459
1.3.	Nutrición. Fertilización	460
1.4.	Plagas	461
1.5.	Enfermedades	461
1.6.	Prácticas culturales	463
1.7.	Referencias bibliográficas	464
2.	El aguacate	464
2.1.	Características botánicas y agronómicas	465
2.2.	Adaptación ecológica	468
2.3.	Nutrición. Fertilización	469
2.4.	Plagas	470
2.5.	Enfermedades	470
2.6.	Patrones	471
2.7.	Técnicas de cultivo	471
2.8.	Maduración	472
2.9.	Técnicas poscosecha	472
2.10.	Referencias bibliográficas	473
3.	El mango	473
3.1.	Caracterización botánica y agronómica	473
3.2.	Adaptación ecológica	477
3.3.	Nutrición. Fertilización	478
3.4.	Plagas	479
3.5.	Enfermedades	480
3.6.	Desórdenes fisiológicos	482
3.7.	Patrones	482
3.8.	Prácticas culturales	483
3.9.	Referencias bibliográficas	484
4.	La papaya	484

4.1.	Características botánicas y clasificación agronómica	485
4.2.	Adaptación ecológica	488
4.3.	Nutrición. Fertilización	489
4.4.	Plagas	490
4.5.	Enfermedades	490
4.6.	Prácticas culturales	491
4.7.	Referencias bibliográficas	494
5.	El chirimoyo	494
5.1.	Referencias bibliográficas	499
6.	La carambola	499
6.1.	Referencias bibliográficas	502
7.	Cacao	503
7.1.	Referencias	507

CAPITULO 1

INTRODUCCION

1. Los cultivos leñosos

El cultivo de las plantas que producen frutos ha representado siempre una importante fuente de riqueza de las comarcas en las que se encuentran implantadas. Inicialmente porque suponía un seguro en la alimentación, lo que facilitó el sedentarismo y el desarrollo rural; posteriormente porque los productos producidos se convirtieron en mercancía de intercambio con aquellas zonas que carecían de ellos. Ambos factores, producción y comercialización, son origen de progreso y, por tanto, de estabilidad.

De entre las plantas que producen frutos, se encuentran gran cantidad de especies. Las arbóreas, que se caracterizan por desarrollar un esqueleto duro y rígido sobre el que apoya una copa generalmente globosa, de volumen amplio y altura más o menos notable, reciben el nombre de especies frutales. Y su cultivo Fruticultura.

Estas especies, en la actualidad, se cultivan para comercializar sus frutos en un mercado más o menos lejano. En el caso de los países mediterráneos, y en particular de España, su destino más importante son los países de la Unión Europea (UE), de elevado poder adquisitivo, y cuyos consumidores reclaman productos de calidad. Es por ello que las técnicas de cultivo han de ser conocidas con precisión para atender esta característica de la demanda. Si a ello se le añade el minifundio, que caracteriza gran parte de las áreas frutícolas españolas, el conocimiento de dichas técnicas se hace imprescindible, ya que junto a la exigencia de calidad se une la de la productividad de parcelas difícilmente mecanizables y con elevados costes de producción.

La dependencia de estas especies del medio (el suelo y las condiciones climáticas), ha obligado al productor a una adaptación de las técnicas culturales. Así se

explica el gran desarrollo del riego en una zona, como la mediterránea, con escasa pluviometría. Por otra parte, las particularidades de cada zona obligan a la implantación de labores como la poda, la fertilización, etc., que permiten mejorar la productividad. Finalmente, las técnicas más recientes de control del desarrollo (fito-rreguladores), del control biológico de las plagas, de mejora sanitaria, de mejora e ingeniería genética, etc., han conseguido incrementar notablemente la producción de los frutales y la calidad de sus frutos.

La producción y la calidad de los frutos es consecuencia, bajo un punto de vista técnico, de la integración de tres elementos básicos: la planta, el medio y el cultivo. El conocimiento de las exigencias de cada especie y la adaptación de cuidados particulares para satisfacerlas en función de las condiciones del medio, constituye el fundamento del cultivo.

La elección de la especie o variedad a cultivar exige del estudio detallado de las condiciones del medio, particularmente del clima. Debe tenerse en cuenta que las condiciones climáticas y el suelo son prácticamente incontrolables en fruticultura y, en general, el agricultor se limita a adaptar las técnicas de cultivo a las condiciones naturales de su parcela. La influencia de aquellas es, por tanto, decisiva y las labores de cultivo tan solo constituyen una ayuda, en la mayor parte de los casos costosa, para el arbolado que, de este modo, puede desarrollarse mejor. En resumen, la resultante de los tres factores citados determina la rentabilidad de la explotación. El estudio de los fundamentos, de las técnicas y de las peculiaridades de cada especie o grupo de especies frutales queda, de este modo, plenamente justificado.

El estudio de estos aspectos se revisará a lo largo de los capítulos siguientes. Para ello, se ha estructurado una parte inicial de fundamentos básicos de la fisiología de los árboles frutales, seguida de las técnicas de cultivo específicas de estas especies y de una parte final de fruticultura especial, en la que se estudia el cultivo de las más importantes de la cuenca mediterránea, y en particular de España, así como de algunas de importancia mundial.

2. Especies frutales en cultivo

Las especies frutales más ampliamente cultivadas en el mundo se resumen en la tabla 1.1. La mayor parte de ellas pertenecen a cuatro familias: *Rosaceae*, *Rutaceae*, *Oleaceae* y *Vitaceae*. La primera engloba dos grandes subfamilias: *Pomoideae* y *Prunoideae*; en la segunda solo las especies de la subfamilia *Aurantioidae* se hallan en cultivo.

Las especies pertenecientes a la familia *Rosaceae*, subfamilia *Pomoideae*, más ampliamente cultivadas en España por sus frutos son el manzano, el peral y el níspero, a las que se conoce conjuntamente como **frutales de pepita**. En general, los frutos de estas especies son falsos frutos, ya que desarrollan sus elementos extra-

carpelares. Son plantas de porte medio-alto, que pierden (manzano y peral) o no (níspero) las hojas, lo que las relaciona con su mayor o menor resistencia a las bajas temperaturas, respectivamente. Su cultivo se halla ampliamente distribuido por todo el planeta, si bien las dos primeras no se adaptan bien a los climas tropicales y subtropicales, pero sí lo hacen en altitudes de 800-1.000 m.

TABLA 1.1
Clasificación botánica de las principales especies frutales

	Familia	Subfamilia	Especie
Manzano	Rosáceas	Pomoideas	<i>Malus domestica</i> Mill
Peral	Rosáceas	Pomoideas	<i>Pyrus communis</i> L.
Níspero	Rosáceas	Pomoideas	<i>Eriobotrya japonica</i> Lindl.
Almendro	Rosáceas	Prunoideas	<i>Prunus amygdalus</i> L. Batsch
Melocotonero	Rosáceas	Prunoideas	<i>Prunus persica</i> L. Batsch
Albaricoquero	Rosáceas	Prunoideas	<i>Prunus armeniaca</i> L.
Cerezo	Rosáceas	Prunoideas	<i>Prunus avium</i> L.
Ciruelo europeo	Rosáceas	Prunoideas	<i>Prunus domestica</i> L.
Ciruelo japonés	Rosáceas	Prunoideas	<i>Prunus salicina</i> Lindl.
Naranja dulce	Rutáceas	Aurantioideas	<i>Citrus sinensis</i> L. Osbeck
Mand. Clementina	Rutáceas	Aurantioideas	<i>Citrus clementina</i> Hort. ex Tanaka
Mand. Satsuma	Rutáceas	Aurantioideas	<i>Citrus unshiu</i> Marcovitch
Limonero	Rutáceas	Aurantioideas	<i>Citrus limon</i> L. Burm.
Pomelo	Rutáceas	Aurantioideas	<i>Citrus paradisi</i> Macf.
Olivo	Oleáceas		<i>Olea europaea</i> L.
Vid	Vitáceas		<i>Vitis vinifera</i> L.
Avellano	Betuláceas	Coryloideas	<i>Corylus avellana</i> L.
Plátano	Musáceas	Musoideas	<i>Musa sapientum</i> L.

Las especies más importantes en cultivo de la subfamilia *Prunoideae* son el almendro, melocotón, albaricoquero, cerezo y ciruelos, globalmente conocidas como **frutales de hueso**. Sus frutos son drupas caracterizadas por la lignificación de su endocarpo, con el fin de proteger a las semillas durante su diáspora. Son árboles de porte medio-alto, de hoja caduca, exigentes en bajas temperaturas y en agua mientras se desarrolla el fruto, y vegetan con dificultad en suelos calizos.

Pertenecen a la familia de las *Rutaceae*, subfamilia *Aurantioideae*, los **cítricos**, es decir, naranjos, mandarinos, limoneros y pomelos. Sus frutos son bayas denominadas hesperidios, y sus árboles son de porte medio-alto, de hoja perenne, exigentes en agua y sensibles a las bajas temperaturas.

La familia de las *Oleaceae* tiene como árbol frutal representativo al **olivo**, de porte grande, hoja perenne, exigente en frío invernal y sensible, al mismo tiempo, a las heladas, muy resistente a la sequía, y con una gran adaptación a todo tipo de suelos.

A la familia de las *Vitaceae* pertenece la **vid**, planta de porte bajo, de hoja caduca, en general poco exigente en agua, resistente a las bajas temperaturas invernales

pero sensible a temperaturas tanto bajas como altas durante el desarrollo del fruto, y muy sensible a la caliza y al viento.

En términos productivos, los frutos de mayor importancia en el mundo son los cítricos, con una producción de más de 100×10^6 t por año. Le siguen en importancia los plátanos, con unas 95×10^6 t, la uva, con más de 60×10^6 t, y las manzanas, con unos 60×10^6 t (Tabla 1.2).

TABLA 1.2
Producción mundial de frutos en el año 2007

Cultivo	Producción (10^6 t)
Cítrico	
Naranjas	64,8
Mandarinas	27,9
Pomelos	5,0
Limones y Limas	12,7
Otros Frutos Cítricos	7,1
Plátanos	119,8
Uva	67,2
Manzana	66,0
Mango, Mangostan y Guayaba	33,4
Pera	20,6
Melocotón y Nectarina	17,4
Piña	20,9

Con la mejora de los medios de transporte, algunos cultivos subtropicales de corta vida media postcosecha y algunos cultivos tropicales están experimentando un notable auge en su cultivo, dado que pueden ser comercializados en la UE o EE.UU. en un tiempo breve tras su recolección. Así, higos, kiwi, kaki, nashi, aguacate, mango, papaya, etc., pueden encontrarse con facilidad en las fruterías de occidente. Algunos frutos secos, asimismo, han mejorado su producción y comercialización en los últimos años (Tabla 1.3).

TABLA 1.3
Clasificación botánica de otras especies frutales de interés

	Familia	Especie
Frutales subtropicales		
Dátil	Phoenicáceas	<i>Phoenix dactylifera</i> L.
Higuera	Moráceas	<i>Ficus carica</i> L.
Kiwi	Actinidiáceas	<i>Actinidia chinensis</i> Planch.
Caqui	Ebenáceas	<i>Diospyros kaki</i> L.
Litchi	Sapindáceas	<i>Litchi chinensis</i> Soon
Nashi	Rosáceas	<i>Pyrus serotina</i> L.
Granado	Punináceas	<i>Punica granatum</i> L.

	Familia	Especie
Frutales tropicales		
Aguacate	Lauráceas	<i>Persea americana</i> Mill.
Chirimoyo	Annonáceas	<i>Annona cherimolia</i> Mill.
Guayaba	Mirtáceas	<i>Psidium guajaba</i> L.
Mango	Anacardiáceas	<i>Mangifera indica</i> L.
Frutos secos		
Nogal	Juglandáceas	<i>Juglans regia</i> L.
Pistacho	Anacardiáceas	<i>Pistacia vera</i> L.

3. Distribución del cultivo y producción

En la UE, el manzano, melocotonero y peral constituyen las principales especies de frutales no cítricos en cultivo, con un 33%, 29% y 14%, respectivamente, de la superficie destinada al cultivo de frutales (Fig. 1.1) y con el mismo orden cuando se atiende a la producción. La mitad, aproximadamente, de la producción de frutas en la UE son manzanas, y la cuarta parte melocotones. Otros frutos, como cerezas, ciruelos y albaricoques, ocupan una posición secundaria, representando, cada uno, menos del 10% de la superficie de cultivos frutal, y en torno al 5% de la producción total.

La producción media europea de las tres especies más importantes citadas asciende alrededor de las 13×10^6 t, para el periodo 1991-97. El país con mayor producción frutícola de la UE es Italia (Tabla 1.4), con una producción global de las tres especies de $4,5 \times 10^6$ t, representando el 43% del total de peras producidas, el 40% de melocotones y el 28% de manzanas. Le siguen en importancia Francia, con una producción global de $2,7 \times 10^6$ t y un reparto del 26%, 12% y 13% de manzanas, peras y melocotones, respectivamente. El último lugar de los países frutícolas relevantes lo ocupa Holanda, con 650×10^3 t, tras Alemania ($1,3 \times 10^6$ t) y Grecia ($1,4 \times 10^6$ t).

Para dichas especies, España, con un total de $2,7 \times 10^6$ t, aproximadamente, ocupa el tercer lugar en la producción europea de melocotones (20%) y de peras (18%) y el cuarto en la producción de manzanas (10%) del total producido en la UE (Tabla 1.4). La distribución porcentual de la superficie destinada a estos cultivos, así como a ciruelos, cerezos y albaricoques, y de la producción obtenida se presenta en la figura 1.2. En superficie, el cultivo del melocotonero ocupa el primer lugar, con un 31% de la superficie, seguido del manzano con un 22%. Pero en producción, este último ocupa la cabeza con el 32% del total producido, seguido del melocotonero con un 31%. El peral ocupa la tercera posición, tanto en superficie destinada a su cultivo, 17%, como en producción, 19% del total. La superficie destinada a ciruelo, cerezo y albaricoquero es, para cada una de ellas, de alrededor del 10% del total, representando su producción conjunta alrededor de un 18% de la total de frutos producidos en España.

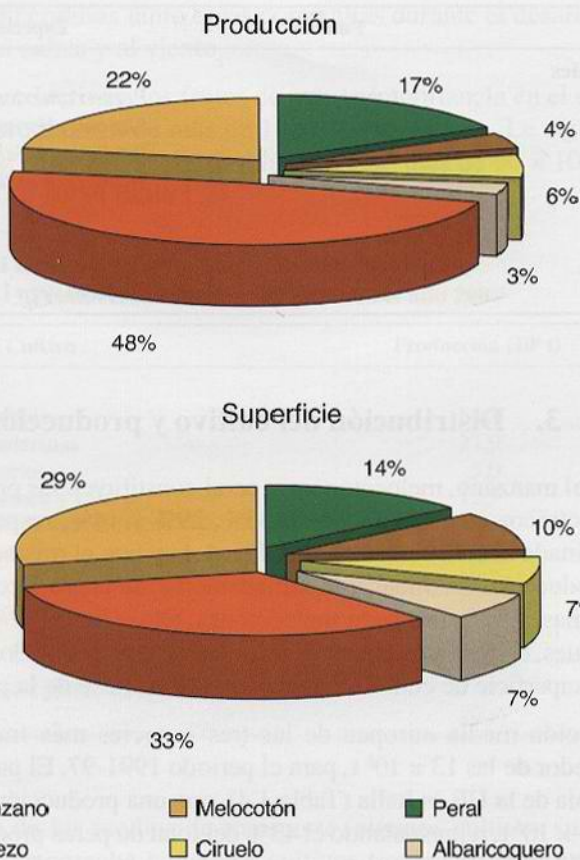


Figura 1.1. Distribución porcentual de superficie y producción de las principales especies de frutales en la UE. Valores medios para el periodo 1991-97. (Fuente: Europech).

TABLA 1.4
Distribución porcentual de la producción de frutas en los principales países productores de la UE

	Manzana	Pera	Melocotón
Alemania	11	20	—
España	10	18	20
Francia	26	12	13
Grecia	4	—	27
Holanda	7	6	—
Italia	28	43	40
Producción total (miles t)			
Manzana	7.440		
Pera	2.285		
Melocotón	3.659		

Media periodo 1991-97.
 Fuente: Europech.

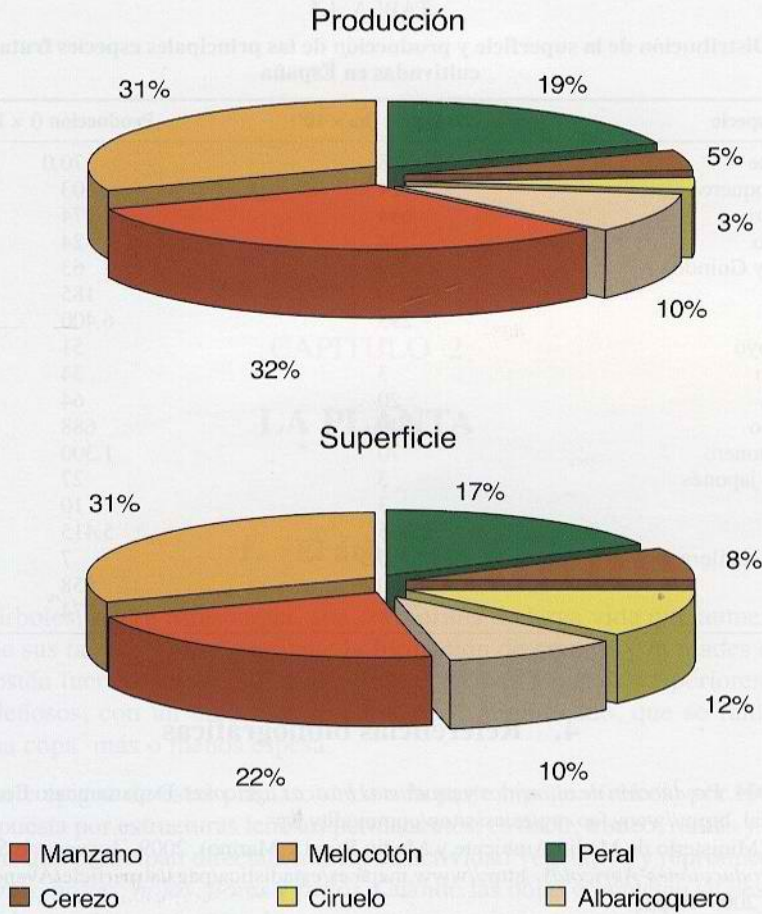


Figura 1.2. Distribución porcentual de superficie y producción de las principales especies de frutales en España. Valores medios para el periodo 1991-97. (Fuente: Europech).

En términos absolutos, en España la mayor superficie de cultivo, sin mencionar la vid, es la destinada al olivo, seguida de la de almendro y cítricos, y a mayor distancia las del resto de cultivos frutales (Tabla 1.5). En producción, los cítricos alcanzan casi 6×10^6 t/año, seguidos del olivo con $3,5 \times 10^6$ t anuales. Las producciones de manzanas y melocotonero superan las 900×10^3 t anuales y las de pera se acercan a las 750×10^3 t, situándose el resto de especies por debajo de las 365×10^3 t/año.

TABLA 1.5

Distribución de la superficie y producción de las principales especies frutales cultivadas en España

Espece	Superficie (ha $\times 10^3$)	Producción (t $\times 10^3$)
Aguacate	8	70,0
Albaricoquero	24	103
Almendro	654	174
Avellano	24	24
Cerezo y Guindo	29	63
Ciruelo	20	185
Cítricos	295	6.400
Chirimoyo	3	51
Granado	3	34
Higuera	20	64
Manzano	49	688
Melocotonero	70	1.300
Níspero japonés	3	27
Nogal	3	10
Olivo	2.365	5.415
Palmera datilera	0,5	7
Peral	40	558
Plátano	9	374

4. Referencias bibliográficas

- FAO. 2004. *Producción de alimentos y productos básicos agrícolas*. Departamento Económico y Social. <http://www.fao.org/es/esss/top/commodity.jsp>
- MAPA (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino). 2009. *Avances de Superficies y Producciones Agrícolas*. http://www.mapa.es/estadistica/pags/superficie/Avances_Cultivos_2009-10.pdf

CAPITULO 2

LA PLANTA

1. El árbol frutal

Los árboles, según Strasburger, son cormofitos de larga vida que aumentan la solidez de sus tallos y raíces mediante la formación de grandes cantidades de tejidos de sostén fuertemente lignificados. Son, por tanto, vegetales superiores, duraderos y leñosos, con un tallo bien diferenciado y lignificado, que se ramifica y forma una copa más o menos espesa.

La parte epigea de estas plantas, unida a la parte hipogea (raíces) por el *cuello*, está compuesta por estructuras leñosas permanentes, es decir, tronco, ramas y ramos, y por otras que participan directamente en su actividad vegetativa y reproductiva, es decir, *yemas, brotes, hojas, flores y frutos*. Cuando las hojas completan su desarrollo revisten el esqueleto y forman la *copa*; este revestimiento puede ser permanente (especies de hoja perenne) o temporal (especies de hoja caduca).

Las especies leñosas se clasifican, bajo un punto de vista agronómico, en:

1. **Especies forestales**, de elevado interés ecológico. Son Coníferas, como los pinos, y algunas frondosas caducifolias, como los arces, o perennifolias, como la encina.
2. **Especies ornamentales**. Son aquellas utilizadas en jardinería y paisajismo, y abarcan especies propias de jardinería, frondosas, frutales, coníferas, etc.
3. **Especies frutales**, o cultivadas por sus frutos. Constituyen este grupo especies de zonas templado-frías (manzano, peral,...), de zonas templado-cálidas (melocotonero, albaricoquero...), especies subtropicales (cítricos, níspero, higuera...) y tropicales (mango, guanábana,...)

El objetivo de la Fruticultura es el estudio de las especies frutales y las técnicas agronómicas capaces de mejorar su producción y la calidad de sus frutos.

2. El sistema radicular

El conjunto de todas las raíces que emite un árbol se denomina sistema radicular. Este cumple las siguientes funciones:

1. De *anclaje* al suelo.
2. De *absorción y transporte* de agua y elementos minerales.
3. De *acumulación y almacenamiento* de reservas en sus tejidos.
4. Funciones *metabólicas básicas*: respiración y crecimiento.

Pero estas funciones no son desarrolladas por igual por todas las raíces. De acuerdo con su función, pueden distinguirse distintos tipos de raíces: *de sostén y transporte*, las más viejas, y *absorbentes, de transición y conductoras*. Estas tres últimas constituyen la *cabellera radicular o barbada*.

Las raíces absorbentes representan el 80-85% del sistema radicular, son blanquecinas, translúcidas y presentan una estructura anatómica muy poco diferenciada. A pesar de ello, poseen una actividad fisiológica muy elevada. La superficie de absorción de estas raíces, y por tanto su eficiencia, aumenta considerablemente por la presencia, en la zona subapical, de *numerosos pelos absorbentes* originados a partir de las células epidérmicas. La forma, distribución y densidad de éstos son variables con la especie.

En general, la vida media de las raíces absorbentes es corta (apenas unos meses), y aunque algunas de ellas sobreviven, pierden su capacidad de absorción, convirtiéndose en raíces de transición.

Las raíces conductoras son las que unen a las anteriores con las raíces principales, con funciones de sostén y de transporte. Son de edad variable, de coloración oscura y constituyen alrededor del 15% del sistema radicular.

El crecimiento de las raíces depende de las disponibilidades hídricas y nutricionales y está regulado hormonalmente. Así, en periodos de déficit hídrico, las raíces dejan de crecer, y en condiciones hídricas adecuadas lo hacen, preferentemente, durante la noche, cuando el potencial hídrico es más elevado y favorece los procesos de división y elongación celulares. Por otra parte, la actividad foliar es indispensable para nutrir las raíces de metabolitos y hormonas. De hecho, la evolución del desarrollo de las raíces a lo largo del año es antifásica con la de los brotes, de modo que cuando éstos se desarrollan más intensamente (en primavera y verano), la formación de nuevas raíces disminuye, apuntando a un cierto grado de competencia entre el desarrollo de órganos vegetativos (y reproductivos) y radiculares.

El control hormonal del crecimiento de las raíces se debe al balance auxinas/citoquininas, de modo que el modelo Skoog-Miller de organogénesis atribuye un balance entre ellas, favorable a las auxinas, como la acción inductora de la formación de raíces. Paradójicamente las auxinas no son sintetizadas en las raíces, a las que llegan procedentes del tallo, mientras que las citoquininas se producen mayoritariamente en ellas. La mayor sensibilidad de las raíces al ácido indolacético, tanto en el estímulo del crecimiento como en su inhibición, en comparación con otros órganos (tallos y yemas), explica su acción. Esta dependencia auxínica puede ponerse de manifiesto mediante la aplicación exógena; en efecto, el ácido indolbutírico y el ácido naftalenacético estimulan la formación de raíces adventicias en la base de los esquejes. El etileno también controla el desarrollo radicular, inhibiendo su crecimiento en longitud y promoviendo su expansión radial (crecimiento en grosor), siendo su acción dependiente de la concentración. Por otra parte, el etileno está implicado en la inducción de raíces laterales, adventicias y pelos radiculares, promoviendo su número y su desarrollo. La acción tiene lugar estimulando el crecimiento radial de las células epidérmicas una vez ha tenido lugar su diferenciación. Esta hormona induce, también, el crecimiento helicoidal de las raíces. La acción inhibidora del ácido indolacético señalada más arriba no es, sin embargo, a través de un estímulo de la síntesis de etileno, de modo que si la acción del etileno y el ácido indolacético es a través de una ruta común o independiente no se conoce todavía. Finalmente, el ácido abscísico es responsable, también, del crecimiento de la raíz. Así, en condiciones de estrés hídrico moderado, se produce una elongación de ésta al mismo tiempo que se registra un incremento de la síntesis de ácido abscísico; éste provoca la inhibición del crecimiento del tallo antes de que decaiga la actividad fotosintética, los carbohidratos no son utilizados por el tallo y son consumidos por las raíces para crecer en busca de zonas más húmedas a través de la formación de nuevos pelos absorbentes. En condiciones de encharcamiento, la acción se ejerce mediante la formación de raíces adventicias a partir de la base del tallo, que avanzan buscando zonas bien aireadas próximas a la superficie del agua.

La temperatura del suelo es, asimismo, un factor decisivo del desarrollo radicular. Temperaturas inferiores a 10°C y superiores a 30°C lo reducen marcadamente y valores térmicos alejados de dichos límites llegan a anularlo.

Finalmente, caracteres genéticos, la estructura del suelo y las labores culturales condicionan el desarrollo radicular, en particular su orientación, distribución y persistencia. En general, cuanto más suelto es el suelo y cuanto menor es la disponibilidad de agua y elementos minerales, mayor es la profundidad y la extensión de las raíces de los árboles frutales; por el contrario, en los suelos compactos y con capas freáticas próximas, el sistema radicular tiende a ser más superficial. Pero, en general, el sistema radicular de los árboles frutales adquiere un amplio desarrollo en sentido radial, relativamente poco profundo (80-100 cm) y con la mayor parte de sus raíces absorbentes sobresaliendo del área de proyección de la copa (Fot. 2.1).



Foto 2.1. Sistema radicular de un cítrico mostrando su distribución superficial aún en suelos profundos. Su desarrollo radial hace que las raíces absorbentes sobresalgan de la zona de proyección de la copa.

3. El tronco y sus ramificaciones

La parte aérea de los árboles frutales está formada por el *tronco* y la *copa*. El tronco es el elemento básico del *esqueleto* del árbol; en la vid el tronco también se denomina *cepa*. Según la formación que se le dé al árbol, su tronco adquiere formas diferentes, pero en la mayor parte de los casos es relativamente corto (40-80 cm) y de él surgen 3-4 ramas primarias que sustentan a su vez a las secundarias y así sucesivamente hasta conformar la copa. El punto de unión de las ramas primarias al tronco se denomina *cruz*.

Junto con las ramas, en los frutales existen *ramos*, o elementos axiales, de uno o dos años de edad y procedentes de brotes lignificados. En la vid, los ramos se denominan *varas* o *sarmientos* y en el olivo *vástagos*. En los cítricos, la brotación se produce, mayoritariamente, a partir de madera de 6-12 meses de edad, dando lugar a diferentes tipos de *brotes*.

3.1. Tipos de yemas

Las yemas son meristemas de forma mas o menos cónica o semiesférica, que se originan en las axilas de las hojas. En los frutales, su estructura es la típica de

túnica-corpus de las angiospermas. En ellas, los primordios foliares se originan lateralmente y se orientan entre sí de acuerdo con el índice filotáxico de la especie.

Las yemas se clasifican atendiendo a diferentes criterios (Gil-Albert, 1996) (Foto 2.2):

1. Por su posición relativa:

- Yemas *terminales*, situadas en el extremo de un brote o ramo.
- Yemas *axilares* o *laterales*, situadas en la axila de las hojas.
- Yemas *basales*, de posición axilar pero en la base del brote o ramo.
- Yemas *estipulares* o *de reemplazo*, situadas junto a la terminal a la que pueden sustituir si ésta no desarrolla.

2. Por su estructura:

- Yemas *de madera*, que dan lugar a un brote vegetativo.
- Yemas *de flor*, que dan lugar a una flor o a una inflorescencia.
- Yemas *mixtas*, que dan lugar a brotes vegetativos y flores.



Foto 2.2. Tipos de yemas. A: Yema terminal (níspero). B: Yemas axilares (aguacate). C: Yema de flor (melocotonero). D: Yema de madera (melocotonero). E: Estructura característica en los frutales de hueso con dos yemas de flor y una central de madera (melocotonero).

3. Según su evolución:

- Yemas *normales*.
- Yemas *latentes*, que permanecen inhibidas durante largo tiempo.
- Yemas *adventicias*, que se forman espontáneamente en la madera vieja a partir de meristemos secundarios.

En las plantas jóvenes, que no han adquirido todavía la capacidad de reproducirse, sólo pueden encontrarse yemas de madera; en las adultas se encuentran, además, yemas de flor (Foto 2.2) y yemas mixtas en proporciones desiguales dependiendo de las especies, variedades, individuos y años. En los frutales de hueso, las yemas se sitúan en las axilas de las hojas en grupos de tres, con una yema de madera central y una de flor a cada lado (Foto 2.2).

Las yemas mixtas (Foto 2.3) pueden dar lugar a brotes con flores que se sitúan en las axilas de las hojas nuevas (ej.: caqui, cítricos,...) o bien a inflorescencias que surgen mayoritariamente de la diferenciación de la yema terminal de un brote vegetativo (ej.: níspero, aguacate,...). Algunas especies, como los frutales de frutos secos, tienen las flores masculinas en *amentos*, o inflorescencias colgantes con los estambres protegidos por escamas (Foto 2.4).

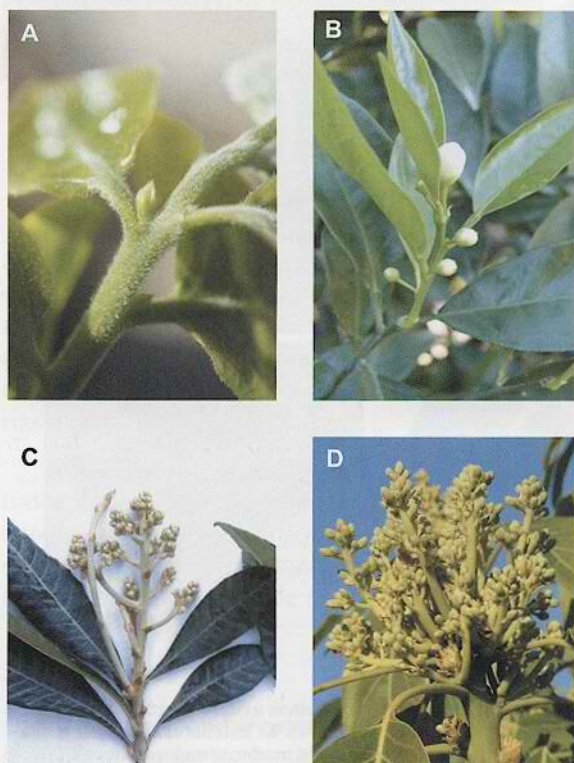


Foto 2.3. Yemas mixtas.
En algunos casos las flores se forman en las axilas de los brotes del año (A: caqui; B: cítricos), en otros se forman sobre todo a partir de la diferenciación de la yema terminal de un brote vegetativo (C: níspero; D: aguacate).

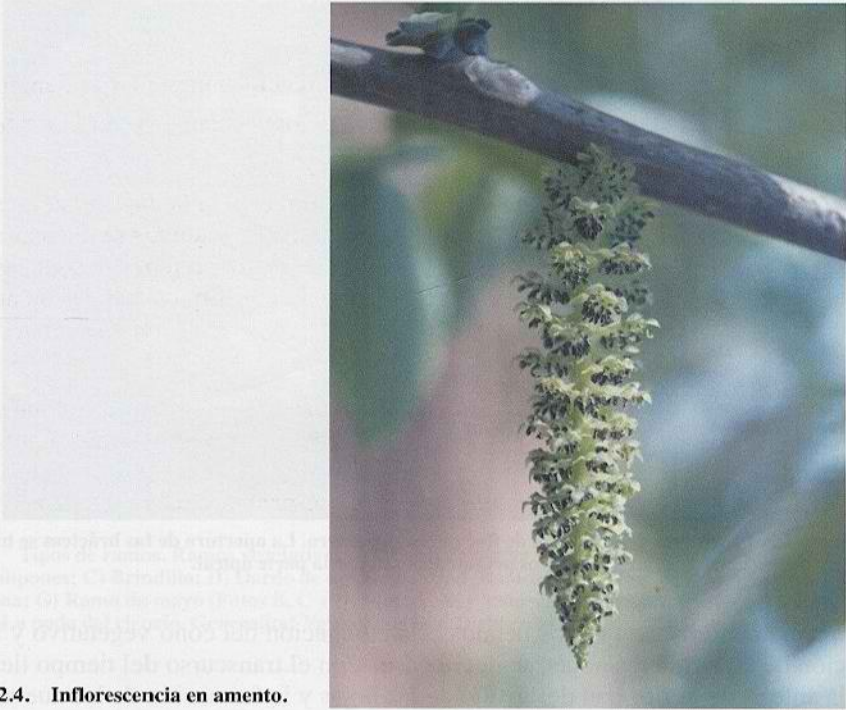


Foto 2.4. Inflorescencia en amento.

En la mayor parte de los frutales (los de hoja caduca), las yemas son inducidas y se diferencian durante el periodo vegetativo, pero permanecen en reposo durante el otoño y el invierno hasta el siguiente periodo vegetativo (primavera). A pesar de ello, en ocasiones algunas yemas se desarrollan el mismo año de su formación; en este caso se las denomina *yemas de brotación anticipada* y a los brotes, *anticipados*. En otros frutales (cítricos y olivo, por ejemplo), la diferenciación floral se produce al mismo tiempo que la brotación, de modo que las yemas pasan el letargo invernal indiferenciadas.

Las yemas latentes proceden de yemas normales o de reemplazo que no brotan pero permanecen vivas, limitándose a secundar el crecimiento secundario del tronco o de las ramas en las que se encuentran. Las yemas adventicias, por el contrario, se forman *de novo* a partir de los tejidos corticales, no estando, inicialmente, conectadas a los tejidos vasculares; su origen no es conocido.

3.2. Estructuras vegetativas y florales

Con el incremento de las temperaturas en primavera, las yemas comienzan su desarrollo. Inicialmente engrosan y posteriormente se produce la apertura de escamas y brácteas y la aparición de la borra (*desborre*; Foto 2.5); a los pocos días se



Foto 2.5. Desborre de una yema de flor de melocotonero. La apertura de las brácteas se ha iniciado y los pétalos asoman por la parte apical.

inicia la emergencia de los pétalos o la elongación del cono vegetativo y la aparición de las primeras hojas, según el caso. Con el transcurso del tiempo tiene lugar la antesis de la flor o el desarrollo de las hojas y la formación de las nuevas yemas axilares que dan lugar a un *brote* parcialmente lignificado. Este último se lignifica progresivamente y al final del periodo vegetativo las hojas se caen o no (según se trate de especies caducifolias o perennifolias) y las yemas axilares y terminal se hacen más aparentes; el brote pasa entonces a denominarse *ramo*. Más adelante, en la primavera siguiente, cuando las yemas axilares inician un nuevo ciclo vegetativo, el ramo engrosa y se lignifica de nuevo, dando lugar a una estructura de mayor diámetro y más rígida a la que se le denomina *rama*.

La clasificación de los ramos según su morfología, es la siguiente (Foto 2.6):

Ramos	Vegetativos	Ramo normal o ramo de madera
		Chupón
		Brindilla
Ramos	Fructíferos	Dardo
		Ramo mixto
		Chifona
		Brindilla coronada
		Ramo de mayo
		Dardo coronado
		Lamburda



Foto 2.6. Tipos de ramos. Ramos vegetativos: A) Ramo de madera con algunos brotes anticipados; B) Chupones; C) Brindilla; D) Dardo de un año de edad. Ramos fructíferos: E) Ramo mixto; F) Chifona; G) Ramo de mayo (Fotos B, C y D: Mataix, E. y Villarrubia, D. 1999. Poda de frutales. I. La poda del ciruelo. Generalitat Valenciana. Ser. Divulgació Técnica, nº 45, 103 pp).

Los ramos vegetativos incluyen todos aquellos que solamente llevan yemas de madera. En los ramos fructíferos se incluyen aquellos que poseen una, varias o todas sus yemas de flor. Sus características, resumidas, son las siguientes.

Ramo de madera. Todas sus yemas, terminal y axilares, son de madera. Su longitud, grosor y número de yemas varían con la especie, aunque en nuestras condiciones climáticas suele alcanzar entre 0,5 y 2 m de longitud y 1-2 cm de diámetro basal.

Chupón. Es un ramo excesivamente desarrollado y con todas sus yemas de madera. Puede alcanzar más de 3 m con un diámetro basal de más de 3 cm.

Brindilla. Ramo de desarrollo limitado ($l \leq 40$ cm y \varnothing basal ≤ 1 cm), débil y que se rompe con facilidad. Todas sus yemas son de madera.

Dardo. Ramo muy corto ($\approx 0,5$ cm) y del que sólo aparece la yema terminal con una roseta de hojas.

Ramo mixto. En las axilas de las hojas se sitúan tres yemas de flor y de madera que dan lugar a flores y brotes vegetativos.

Chifona. Ramo corto ($l \leq 50$ cm y \varnothing basal ≈ 1 cm) con una yema terminal de madera y todas las demás de flor.

Brindilla coronada. Es una brindilla con la yema terminal de flor.

Ramo de mayo. Es un ramo muy corto con todas las yemas de flor arracimadas alrededor de un eje de 3-5 cm de longitud.

Dardo coronado. Es un dardo con la yema terminal de flor.

Lamburda. Es un dardo de dos o más años de edad, que se ha prolongado en longitud (5-10 cm) y ha transformado su yema terminal en yema de flor.

Estas estructuras no tienen por qué presentarse simultáneamente en todas las especies e inclusive en un mismo árbol. Así, ramo de madera, brindilla, dardo y lamburda son típicas de los frutales de pepita, mientras que ramo de madera, ramo mixto, chifona y ramo de mayo lo son de los frutales de hueso. Además, ocasionalmente también existen algunas formaciones intermedias entre las descritas, es decir, brindillas con alguna yema lateral de flor o chifonas con alguna yema lateral de madera. Y finalmente, también se forman en algunas especies unas estructuras peculiares denominadas *bolsas*. Estas son acumulaciones de reservas en las zonas de inserción de los pedúnculos de los frutos que aparecen en algunas especies, sobre todo de frutales de pepita. Aunque no poseen propiamente yemas, en



RF



FS



BC



BM



BV

Foto 2.7. Tipos de brotes en los cítricos. RF: Ramo de flor, formado por varias flores; FS: Flor solitaria, formado por una sola flor; BC: Brote campanero, constituido por varias hojas y una flor en posición terminal; BM: Brote mixto, formado por varias hojas y varias flores; BV: Brote vegetativo, con solo hojas.

ocasiones se pueden diferenciar algunas adventicias que acaban teniendo importancia en el hábito de fructificación de estas especies.

En el olivo, los brotes son *vegetativos* o *fructíferos*. Estos últimos, que se desarrollan sobre yemas de la madera del año anterior, dan lugar a inflorescencias paniculadas, en cuyas ramificaciones las flores están aisladas o agrupadas en grupos de 3 ó 5. En el níspero y en el aguacate las panículas aparecen sobre ramas del año (Foto 2.3).

En los cítricos, el desarrollo de las yemas da lugar a cinco tipos de brotes, clasificados de acuerdo con el número de hojas y/o de flores. Las *flores solitarias* son brotes con una sola flor, los *ramos de flor* son inflorescencias con varias flores, los *brotes mixtos* contienen varias hojas y varias flores que surgen de las axilas de ellas, los *brotes campaneros* son brotes con varias hojas y una flor en posición terminal, y los *brotes vegetativos* sólo tienen hojas (Foto 2.7).

Las hojas, flores y frutos son propios de cada especie frutal. Sus características y estudio específico se llevarán a cabo, por tanto, cuando se aborde el de las diversas especies en la parte de Fruticultura especial.

4. Periodos anuales de los árboles frutales

El desarrollo anual de las especies vegetales está marcadamente influido por las características climáticas. Particularmente importante resulta la temperatura que condiciona el ritmo estacional, y de acuerdo con ello, las especies frutales cultivadas presentan dos periodos claramente diferenciados: el reposo invernal y el periodo de actividad vegetativa (Fig. 2.1).

4.1. El reposo invernal

Durante el otoño, las especies de zona templada inician un periodo de reposo o latencia que se prolonga durante el invierno, por lo que se le denomina *reposo invernal*, aunque puede prolongarse, en ocasiones, hasta entrada la primavera (Fig. 2.1). Durante dicho periodo la actividad vegetativa aparente es inexistente y el árbol, si la especie es caducifolia, se desprende de sus hojas; si es perennifolia éstas no caen, pero la planta no muestra ningún tipo de crecimiento. En general, el reposo de las yemas de madera es más intenso que el de las de flor.

El reposo vegetativo se inicia, propiamente, al inicio del otoño, cuando las yemas entran en un estado de quiescencia. Este se halla relacionado con las condiciones ambientales, pero es de origen endógeno, habiéndose relacionado con un descenso progresivo del contenido de promotores (auxinas, giberelinas y citoquininas) y un aumento progresivo de inhibidores (ácido abscísico). Cuando esta tendencia se invierte, es decir, cuando el contenido endógeno en promotores aumen-

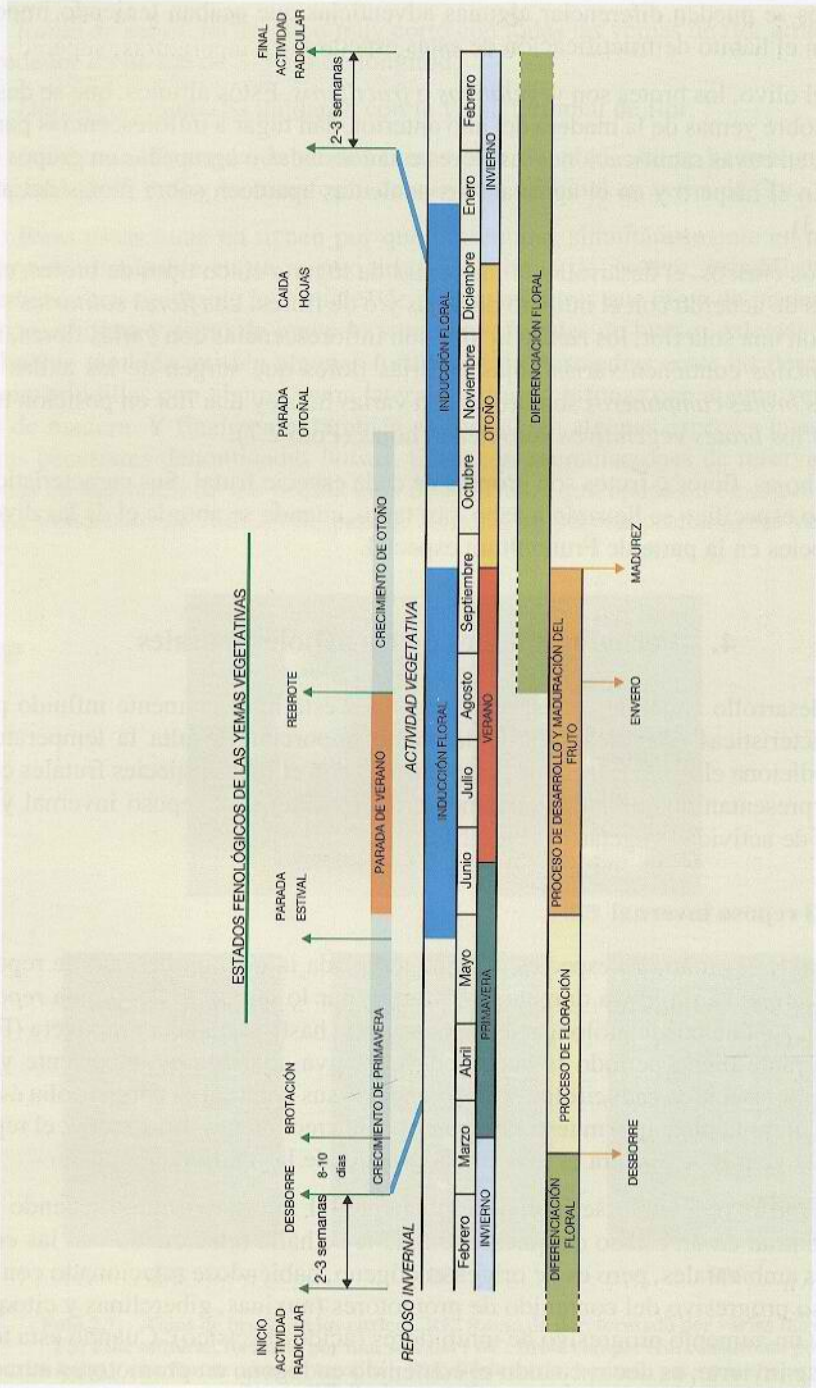


Figura 2.1. Diagrama del ciclo anual de las especies arbóreas de zona templada (Fuente: Gil-Albert, 1996).

ta y el nivel de ácido abscísico desciende, se rompe la latencia y la yema brota (ver Capítulo 6). A ello contribuye la elevación de las temperaturas, superado el invierno. La actividad fisiológica, por tanto, no se detiene durante el reposo, pero se halla restringida al mínimo, al menos en los aspectos conocidos y que sabemos evaluar.

En efecto, la entrada en latencia se inicia con un incremento de la translocación de reservas y de la lignificación de la madera, pero se ve acompañada por una disminución progresiva de la respiración y un aumento continuo de la acumulación de almidón, que alcanzan sus máximos en pleno reposo invernal. El final del proceso coincide con el inicio de la hidrólisis de almidón, un incremento del contenido en carbohidratos solubles y un aumento progresivo de la tasa respiratoria. Para los compuestos nitrogenados se ha demostrado una evolución similar.

4.2. El periodo de actividad vegetativa

Con la brotación se inicia un nuevo periodo vegetativo, durante el cual el árbol crece, florece y fructifica. El primer síntoma de actividad vegetativa es la hinchazón de las yemas, al que sigue una lenta separación de sus escamas y brácteas, apareciendo la borra entre ellas y finalmente los meristemos (desborre). El proceso es, en general, más precoz y rápido en las yemas de flor que en las de madera, como corresponde a su diferente intensidad de latencia.

Durante este periodo, las yemas, hojas, flores y frutos van cambiando sucesivamente de aspecto, y la definición de los mismos se utiliza para determinar su estado de desarrollo. A un aspecto particular se le denomina *estado fenológico*, y a la sucesión de los mismos *fenología*. Esta es característica de cada especie y será estudiada, por tanto, en la parte de Fruticultura especial.

A medida que aumentan las temperaturas, el desborre se acelera y a los 8-10 días aparecen las primeras hojas y el tallo inicial; es decir, se ha producido la *brotación*. Con el tiempo, las hojas se desarrollan completamente y se forman las yemas axilares, al mismo tiempo que el tallo se elonga continuamente hasta que las elevadas temperaturas estivales alcanzan valores superiores al umbral de crecimiento (35-40°C); si ello ocurre, el crecimiento del tallo cesa y el meristemo terminal se protege con nuevas escamas y brácteas; decimos que se ha alcanzado la *parada estival* (Fig. 2.1). El déficit hídrico también se ha relacionado con la parada estival; en las zonas de secano ésta se produce por una de las dos causas señaladas o por las dos. Su duración, por tanto, es variable según la zona de cultivo.

Al avanzar el verano y disminuir las temperaturas, se reinicia la actividad vegetativa, produciéndose la *brotación de otoño o rebrote*, que es, en todo caso, inferior en intensidad a la de primavera. Este segundo crecimiento se prolonga hasta que aparecen las bajas temperaturas de otoño y se acorta el día. La ralentización

progresiva del metabolismo a partir de ese momento (*parada otoñal*) origina la entrada en senescencia de las hojas y su posterior abscisión (Fig. 2.1). Dicha ralentización metabólica se considera el inicio de la latencia en las especies caducifolias; en las perennifolias éste es, por tanto, más difícil de precisar.

El estudio de la actividad radicular, en relación con los procesos señalados, revela algunos aspectos de interés. En efecto, el calor específico del suelo, aunque variable con la textura del mismo, es el responsable de su intercambio de calor con la atmósfera; esto es, el suelo es capaz de almacenar calor e intercambiarlo con la atmósfera a medida que en ésta, a su vez, cambia la temperatura. A 50-60 cm de profundidad el umbral mínimo de temperatura de crecimiento se alcanza más tarde en otoño y más pronto en primavera que en la atmósfera, por lo que el crecimiento de la raíz se detiene 2-3 semanas más tarde y se inicia 2-4 semanas antes que el crecimiento vegetativo (Fig. 2.1). El reposo invernal es, por tanto, más corto que el manifestado por la actividad vegetativa.

El desborre y posterior brotación de las yemas de flor se produce de un modo similar al descrito para las de madera. Aunque en la mayor parte de las especies frutales ésta tiene lugar antes de la brotación vegetativa, en algunos casos (p. ej. los cítricos y el olivo) se produce simultáneamente y en otros es posterior (p. ej. el níspero). El desarrollo de la flor culmina con su *antesis*, a la que sigue la polinización, abscisión de pétalos, germinación del grano de polen, crecimiento del tubo polínico y fecundación del ovario. A este proceso se le denomina *cuajado* de la flor, y con él se inicia el desarrollo del fruto.

La duración del crecimiento del fruto, el tamaño y la forma que adquiere, su coloración, características, proceso de maduración y época en la que lo completa, son variables con la especie y con los cultivares.

5. Fases de la vida del árbol

Los árboles frutales poseen una longevidad más o menos prolongada, dependiendo de las especies. Así, mientras el melocotonero apenas supera los 20-25 años, encontrar olivos centenarios es relativamente fácil. Por tanto, los procesos señalados más arriba se repiten numerosas veces a lo largo de la vida de la planta. Pero ello no quiere decir que siempre se realicen con la misma intensidad o eficacia. A lo largo de la vida de un árbol éste pasa por etapas diferentes y cambiantes con su edad. Mayor precisión se exige todavía si, además de atender al concepto básico de longevidad, se tiene en cuenta el periodo productivo, es decir, se estudia la vida de un árbol bajo un punto de vista agronómico. En este sentido, los periodos en que se divide son los siguientes (Fig. 2.2).

Periodo de juvenilidad. El concepto de juvenilidad no ha sido todavía aclarado pero puede decirse que, fisiológicamente, el estado juvenil comprende un periodo en

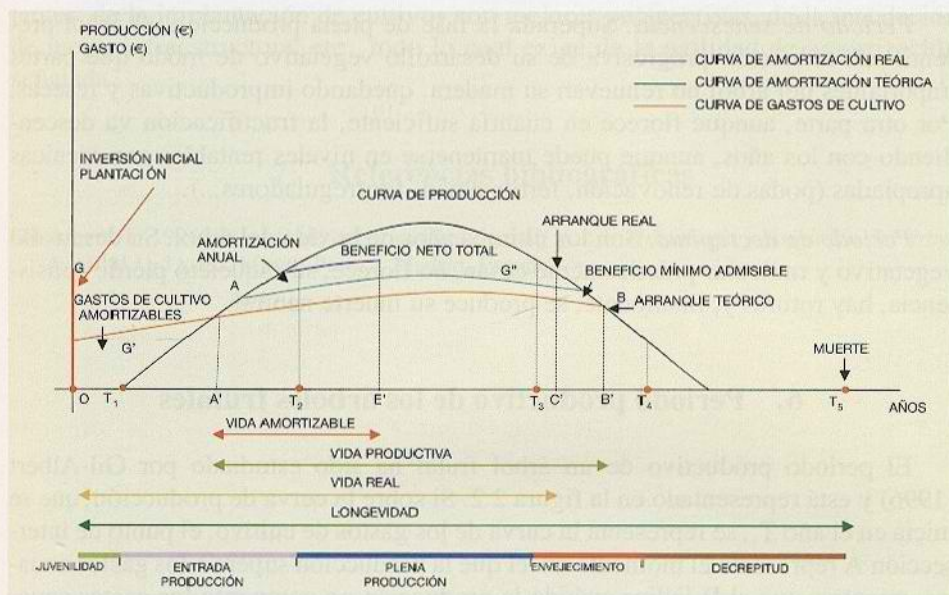


Figura 2.2. Diagrama de los períodos de la vida de un árbol frutal (Fuente: Gil-Albert, 1996).

el que el árbol es capaz de crecer exponencialmente, pero incapaz de inducir el proceso floracional, y desarrolla diversas estructuras morfológicamente características (hojas muy grandes, espinas, frutos rugosos, ...). Durante este periodo, variable con las especies pero siempre superior a 2-3 años, los tallos enraízan mejor y presentan una elevada tasa de crecimiento; ello se ha relacionado con una ausencia de competencia entre puntos en desarrollo. Pero cuando el número de éstos aumenta, la competencia entre ellos por nutrientes también lo hace y aparece una gradual pérdida de dominancia apical y de orientación geotrópica de los tallos que marca el final del periodo juvenil. A partir de entonces la planta comienza a florecer y comienza a producir.

Periodo de entrada en producción. Comprende el periodo entre la pérdida de la juvenilidad y la madurez plena del árbol, durante el cual éste sigue creciendo intensamente al mismo tiempo que intensifica, progresivamente con los años, la floración y la fructificación.

Periodo de plena producción. Abarca la edad adulta del árbol durante la que éste alcanza el máximo desarrollo y conserva, continuamente, un equilibrio entre el desarrollo vegetativo y el reproductivo, renovando cada año la madera productiva, originando nuevas brotaciones, floreciendo con intensidad suficiente y distribución adecuada y produciendo con relativa regularidad. La duración de este periodo es variable con las especies y las técnicas culturales que se realicen, pero comprende, en la mayor parte de las especies cultivadas, entre los 10 y los 40 años de la vida de los árboles.

Periodo de senescencia. Superada la fase de plena producción, el árbol presenta una reducción progresiva de su desarrollo vegetativo de modo que partes importantes del árbol no renuevan su madera, quedando improductivas y resecas. Por otra parte, aunque florece en cuantía suficiente, la fructificación va descendiendo con los años, aunque puede mantenerse en niveles rentables con técnicas apropiadas (podas de renovación, fertilización, fitorreguladores...).

Periodo de decrepitud. Son los últimos años de la vida del árbol. Su desarrollo vegetativo y radicular prácticamente cesan, no florece, su esqueleto pierde consistencia, hay roturas y, finalmente, se produce su muerte natural.

6. Periodo productivo de los árboles frutales

El periodo productivo de un árbol frutal ha sido estudiado por Gil-Albert (1996) y está representado en la figura 2.2. Si sobre la curva de producción, que se inicia en el año T_1 , se representa la curva de los gastos de cultivo, el punto de intersección A representa el momento en el que la producción supera a los gastos anuales, mientras que el B indica cuándo la producción no compensa los gastos anuales. Teóricamente en ese momento (año B'), el árbol debería arrancarse, pero en la práctica se realiza antes (año C'), ya que ningún agricultor mantiene una plantación que sólo produce para cubrir los gastos.

El periodo A'C', durante el que la producción supera los gastos de cultivo, se denomina *vida productiva* del árbol. El periodo OC', desde que se planta el árbol hasta que se arranca, constituye su *vida real*. El periodo OT₅, desde que se planta hasta que se muere, se corresponde con la *longevidad del árbol* o de la plantación.

La inversión inicial de la plantación viene representada por el segmento OG, y los gastos realizados durante la fase de juvenilidad, improductiva, por el área G'. Ambos representan el capital a amortizar. En la práctica, dicho capital suele ser financiado con créditos hipotecarios con amortizaciones de vencimiento fijo. La duración en años desde el inicio de la vida productiva (A') de la plantación hasta el final del periodo de amortización (E'), se denomina *vida amortizable* de la plantación (A'E'). El área G'' constituye, en su caso, el beneficio neto de la plantación.

Los periodos señalados, y por tanto la forma de las curvas, pueden verse modificados en función de las variaciones de los precios, tanto de las cosechas como de los plaguicidas, fertilizantes, etc., de las condiciones climáticas, del desarrollo y puesta a punto en la plantación de nuevas técnicas culturales, la alternancia de cosechas,... Con ello, más que atender al periodo de vida productiva, deben atenderse criterios económicos de modo que la amortización se pueda efectuar en el menor tiempo posible. La rentabilidad de una explotación puede depender del cultivo de nuevas variedades, que tendrán que sustituir a las exis-

tentes, de la implantación de cultivos con mejores perspectivas, de la instalación de mejor infraestructura, etc., todo lo cual exige de la agilidad de amortización señalada.

7. Referencias bibliográficas

Gil-Albert, F. 1996. *Tratado de arboricultura frutal*. Vol. I. *Morfología y fisiología del árbol frutal* (4.^a ed.). Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España

CAPITULO 3

EL MEDIO

1. El suelo

Los frutales pueden crecer bajo condiciones edáficas muy diferentes, desde suelos pedregosos, muy pobres, hasta suelos arcillosos y pesados. Ello, si embargo, no significa que su cultivo se adapte por igual en todas ellas. Si bien son capaces de progresar en suelos sin condiciones, lo hacen a costa de su desarrollo vegetativo y su producción. Estos se presentan óptimos en suelos arenosos profundos y suelos francos, siempre que la luz, la temperatura y el agua no sean limitantes. Por contra, los suelos impermeables y muy arcillosos dificultan su crecimiento. Las características físicas y químicas del suelo, por tanto, afectan al desarrollo de las raíces y, en consecuencia, del árbol.

Las condiciones de cultivo modifican, sin embargo, la influencia del suelo sobre el desarrollo del arbolado. Así, el control químico de malas hierbas, el laboreo, el riego,..., son factores modificadores de la adaptabilidad de la planta. Muchas veces, además, una práctica cultural está basada en la tradición más que en el conocimiento de los principios derivados de la experimentación. En lo referente a las exigencias para un rendimiento comercial rentable, muchos de los problemas que presentan las plantaciones de frutales no derivan de un suelo deficiente, sino de la realización de prácticas de cultivo inadecuadas.

Fernández-Escobar (1996), Gil-Albert (1992), González-Sicilia (1968) y Westwood (1982) han resumido los estudios sobre las características de los suelos en relación con el cultivo de los frutales.

1.1. Composición del suelo

La *textura* y la *estructura* del suelo son características de gran importancia, ya que determinan sus propiedades físicas y químicas. La *textura* indica la distribu-

ción cuantitativa de las distintas partículas que componen el suelo, clasificadas según su tamaño. La estructura hace referencia a la posición relativa que ocupan unas respecto de otras, en los distintos horizontes del suelo.

En los *suelos arcillosos* predominan los elementos finos y, como consecuencia, el tamaño de sus poros es pequeño, lo que dificulta la circulación por ellos del aire y del agua. Estos suelos absorben gran cantidad de agua, que retienen con facilidad, mostrando sus propiedades coloidales (plasticidad, adherencia,...). Cuando se secan pierden mucho volumen, se endurecen y se agrietan, originando roturas en los pelos radicales que retardan el desarrollo del árbol y producen su debilitamiento. Este efecto es particularmente importante durante los primeros años de desarrollo de la planta.

La resistencia mecánica que ofrece la arcilla a la penetración de las raíces en el suelo es un factor de importancia en la formación del sistema radicular. En este tipo de suelos éste es menos denso y fibroso y, en consecuencia, el porte de los árboles es más reducido.

Los *suelos arenosos* están constituidos por partículas de gran tamaño: arenas. En general, la arena no tiene actividad química, carece de propiedades coloidales y, por tanto, de capacidad de absorción de agua, y no tiene cohesión ni plasticidad. Estas partículas se ajustan mal entre sí y dejan entre ellas grandes espacios, lo que facilita la circulación de aire y agua. Como consecuencia de ello, los suelos arenosos son permeables, secos, sueltos y pobres. Además, poseen escaso poder absorbente y son capaces de retener muy poca agua, por lo que su calor específico es muy bajo y, por tanto, se calientan con mucha facilidad. Este calentamiento y la fácil aireación facilitan la nitrificación.

En general, los suelos francos son los que mejor se adaptan para el cultivo de las especies frutales, aunque con diferencias entre especies. Los suelos de elementos finos (arcillas y limos) son los más adecuados para los frutales de pepita, particularmente peral y membrillero. Los frutales de hueso y la vid se adaptan mejor a suelos con elementos gruesos (arenas). Los agrios prefieren suelos con una proporción equitativa de elementos finos y gruesos, con lo que asocian las cualidades de los suelos pesados y ligeros, es decir, un buen poder de retención y una buena permeabilidad. En todos los casos, por tanto, son preferibles suelos profundos, con perfil no estratificado, bien drenados, pero con una adecuada retención de la solución acuosa, fértiles, y francos, que permitan una amplia exploración por parte de las raíces hasta profundidades de 2-4 m.

1.2. Características físicas del suelo

Las características físicas de un suelo son de gran importancia en el cultivo de los frutales. Por una parte determinan la habitabilidad de la planta y, por otra, son muy difíciles de modificar. Se hallan determinadas, como se ha dicho, por la textu-

ra y estructura, así como por las características del perfil, es decir, de los diferentes estratos del suelo. Estas determinan el tamaño de los poros y el espacio poroso total, por el que se mueve el agua y el aire en el suelo.

1.2.1. Permeabilidad

La *permeabilidad* de un suelo indica la velocidad de infiltración del agua en éste o, lo que es lo mismo, su capacidad para retener en reserva las aguas de lluvia y las aportadas por el riego. Esta característica está condicionada por la porosidad, que depende, en parte, de la *textura*, y se presenta crítica en la determinación de la calidad agronómica de un suelo.

En general, el agua circula a mayor velocidad en un suelo arenoso que en uno arcilloso. Pero el tamaño de partícula no es el único factor determinante de la permeabilidad. Así, las pequeñas partículas pueden agregarse en partículas mayores, estables al agua, y que facilitan su infiltración; por contra, partículas de mayor tamaño pueden cementarse entre sí y formar capas impermeables. El control químico de malas hierbas conlleva la formación de una capa dura en la superficie del suelo, y el laboreo mecánico provoca la formación de una suela compacta en profundidad; en ambos casos, se forman capas más o menos impermeables o, al menos, capaces de dificultar la infiltración, el drenaje y la aireación. Su formación debe evitarse, y si se producen deben ser eliminadas.

Para el cultivo de los frutales son convenientes los suelos de permeabilidad entre 5 y 15 cm/h. Deben evitarse suelos con una permeabilidad superior a 25 cm/h, con escasa capacidad de retención de agua, o inferior a 5 cm/h, con gran facilidad de encharcamiento.

La humedad del suelo es determinante en el desarrollo de las raíces. En suelos arenosos, cuando la humedad de éstos desciende por debajo del 45%, el desarrollo radicular se reduce significativamente. Así, un potencial mátrico del suelo inferior a $-0,05$ MPa inhibe la elongación radicular y la formación de nuevas raíces, aunque el proceso puede reiniciarse con el aporte de agua. La presencia de agua en el suelo no sólo es necesaria para el desarrollo radicular, y así las funciones básicas de las raíces (respiración, transporte,...) requieren de humedad. Pero las raíces pueden morir o ser gravemente dañadas en condiciones anaeróbicas, y en todo caso los árboles no crecen bien cuando el agua se estanca durante un periodo prolongado. Estos problemas son frecuentes en zonas lluviosas de suelos arcillosos. Además, cuando el drenaje es deficiente, las enfermedades fúngicas propias del suelo (*Phytophthora*, *Armillaria*, *Pythium*,...) proliferan, dañando los árboles y reduciendo su producción y la calidad de los frutos. Por tanto, la permeabilidad del suelo es un factor decisivo a la hora de decidir la ubicación de una plantación frutal.

El encharcamiento es uno de los problemas más graves de los imputables al suelo, aunque existen diferencias de sensibilidad entre especies a la falta de oxígeno (Tabla

3.1). Esta varía con la temperatura, ya que con su incremento aumenta también la exigencia en O_2 . Así se explica que la sensibilidad a la asfixia sea mayor durante el periodo de actividad vegetativa, en el que la transpiración es más intensa. En general, si durante esta fase el suelo se mantiene por encima de su capacidad de campo durante 10-15 días, o más, los árboles frutales sufren daños serios. En efecto, inicialmente la escasez de O_2 provoca la asfixia de las raíces más pequeñas, pero si las condiciones de anaerobiosis persisten, mueren también las raíces de mayor tamaño, con la consiguiente reducción de la absorción y translocación de agua y nutrientes minerales. En algunas ocasiones los daños pueden no llegar a la totalidad del sistema radicular y éste puede ser regenerado, aunque con dificultades; pero cuando la mayor parte de aquél muere, el daño es irreversible y el árbol también muere (Foto 3.1).

TABLA 3.1
Tolerancia de las especies frutales a la asfixia radical

Especie	Tolerancia
Agrios	Intermedia
Aguacate	Sensible
Albaricoquero	Sensible
Almendro	Sensible
Avellano	Sensible
Cerezo	Intermedia
Ciruelo	Intermedia
Chirimoyo	Sensible
Manzano	Tolerante
Melocotonero	Sensible
Membrillero	Muy tolerante
Nogal	Sensible
Olivo	Muy sensible
Peral	Muy tolerante

Fuente: Fernández-Escobar, 1996.

Durante el reposo vegetativo la resistencia a la asfixia es mayor, pero más variable. Durante esta época se precisan periodos mucho más amplios con el suelo por encima de su capacidad de campo que los indicados para la época de desarrollo vegetativo. Estos varían entre 75 y 125 días, dependiendo de la sensibilidad de las especies. Inclusive en estas condiciones, la planta puede llegar a brotar, a expensas de las reservas de la madera, cuando se elevan las temperaturas en primavera, pero si no hay regeneración de raíces el árbol comienza a mostrar síntomas de clorosis, decaimiento y acaba muriendo en 10-15 días.

1.2.2. Profundidad

Los suelos en los que se van a cultivar árboles frutales, han de permitir el desarrollo de sus raíces hasta zonas profundas. Por lo tanto, no sólo han de considerar-



Foto 3.1. Muerte de un mandarino por asfixia radical.

se las características del suelo, sino también las del subsuelo. Estos suelos, además, deben tener perfiles uniformes que faciliten las prácticas culturales, en particular el riego y la fertilización, y que permitan un desarrollo uniforme de las raíces en toda la plantación. En términos agronómicos, debe considerarse la profundidad útil para el desarrollo de un árbol, ya que éste puede verse limitado por alguna característica que impida la penetración de las raíces y su desarrollo. Cuando la limitación establece la presencia de la roca-madre o la existencia de perfiles salinos o calizos, el problema no tiene solución y, por tanto, no debe aconsejarse la plantación de frutales (Foto 3.2). Si es debida a la presencia de una capa freática próxima a la superficie del suelo, la solución, si es viable, pasa por el establecimiento de un buen sistema de drenaje.

Por tanto, aunque la parte activa de las raíces de los árboles se halla situada en la superficie del suelo, a una profundidad entre 1,0 y 1,5 m, éste debe permitir su desarrollo, sin obstáculos, hasta el subsuelo. En suelos con una profundidad máxima de ese orden, el desarrollo de los árboles adultos no es adecuado, y suelos con una profundidad de 0,5 m o inferior son limitantes, ya que la mayoría de los frutales en estas condiciones son incapaces de anclarse y sobrevivir. Especies como el almendro, el avellano, el ciruelo, el membrillero, el olivo y la vid, pueden ser cultivados en suelos poco profundos sin graves problemas, pero en ningún caso con menos de 0,7-1,0 m de profundidad. En términos generales, se admite entre 1,5 y 2 m la profundidad útil mínima para el cultivo de frutales.



Foto 3.2. Deposición de 60 cm de suelo franco sobre material cálcico. En estas condiciones, cuando las raíces de los frutales alcanzan el perfil calizo se hacen visibles síntomas foliares de clorosis, indicando lo inadecuado de este tipo de transformaciones para su cultivo (Foto J.M. Gisbert).

Una referencia especial merecen las especies perennifolias, cuyas raíces son funcionales durante las cuatro estaciones del año y permanecen funcionales durante varios años. Por ello, están sujetas en su acción a variaciones notables del medio, de la temperatura y hasta de la disponibilidad nutricional. En invierno, las raíces del subsuelo se hallan a una temperatura apreciablemente más elevada que las que se encuentran cercanas a la superficie, y en verano esta situación se invierte. Por otro lado, tanto las propiedades físicas como químicas del suelo varían con su profundidad. De hecho, las raíces están sujetas a una disponibilidad de oxígeno y a un gradiente de elementos minerales decrecientes con la profundidad. Por tanto, se hace necesario que una parte de las raíces se hallen en las zonas bien aireadas del suelo, próximas a la atmósfera, y otras estén en profundidad y menos aireadas.

Los factores enumerados afectan también a la densidad radicular para una profundidad determinada. Así, en general, la mayor densidad de las raíces de un frutal se encuentra entre los 90 primeros cm. Pero dado que la disponibilidad de oxígeno se presenta como un factor esencial en la determinación de la extensión radicular, la textura y estructura del suelo son indirectamente responsables de dicha extensión.

Finalmente, el desarrollo radicular es determinante del tamaño del arbolado y se halla estrechamente relacionado con su producción. Cuando las condiciones físicas del suelo reducen el desarrollo de las raíces, la producción disminuye. Por tanto, aquellos factores que pueden dañar el sistema radicular y reducir su densidad (encharcamientos, escasa profundidad, laboreos muy espaciados, etc.), reducen, a su vez, la cosecha.

1.3. Características químicas

1.3.1. Disponibilidad de nutrientes

La fertilidad natural de un suelo no es un factor determinante de su calidad en el cultivo de frutales. De hecho, es posible detectar grandes diferencias de fertilidad entre suelos, debidas a diferencias en las condiciones climáticas y al cultivo previo. Por otra parte, el contenido en elementos minerales de un suelo es fácilmente alterable con la fertilización. De ahí que un suelo de baja fertilidad pero con adecuadas características físicas, en particular con un buen drenaje, sea preferible a un suelo muy fértil pero deficiente en sus características físicas. Finalmente, el análisis de un suelo como diagnóstico del estado nutricional del árbol tiene serias limitaciones, sobre todo si se tiene en cuenta que no se ha encontrado relación entre el comportamiento del arbolado y la composición química de aquél. Solamente cuando los síntomas de deficiencia son muy acusados (sobre todo en el caso de K y el Na) el análisis de suelo es el más indicado. Para la determinación del estado nutricional de un frutal debe recurrirse al análisis foliar (ver Capítulo 5). Factores como el patrón, la variedad, la temperatura, la humedad del suelo y sus condiciones biológicas, etc., determinan el estado nutricional de la planta de un modo más notable que la propia disponibilidad de nutrientes del suelo. En muchos casos, los elementos minerales están presentes en el suelo en cantidades suficientes (Tablas 3.2 y 3.3), pero su disponibilidad por la planta no es posible al encontrarse bloqueados por condiciones desfavorables de pH, humedad del suelo o contenido en caliza.

TABLA 3.2
Niveles críticos de micronutrientes en el suelo

Elemento	Nivel crítico (ppm)
Hierro	5,0
Manganeso	1,0
Cobre	0,2
Zinc	0,5

Extracción con ác. dietiléntriaminopentaacético.

Fuente: Fernández-Escobar, 1996.

De entre los elementos mayores, el Ca es el que desempeña el papel más importante en el suelo. Reemplaza a los cationes H^+ y Na^+ en las arcillas ácidas y

sódicas, respectivamente, transformándolas en arcillas cálcicas, más permeables y de mejor estructura. Los compuestos del Ca^{++} cumplen, también, un papel importante en las variaciones de pH. El carbonato, óxido e hidróxido de calcio son alcalinizantes, mientras que los sulfatos son acidificantes. El contenido en calcio del suelo refleja, por tanto, de un modo indirecto, sus características físicas y químicas.

El magnesio es absorbido más fácilmente en forma de fosfato y facilita, de este modo, la absorción de P. Asimismo, disminuye la permeabilidad del suelo, incrementa su capacidad de absorción y aumenta su fraccionamiento. Por último, es de destacar el antagonismo que presenta con el K en su absorción.

TABLA 3.3
Niveles normales de P, K, Ca y Mg asimilables en el suelo

Textura Suelo	P* (ppm)	K** (ppm)	Ca** (ppm)	Mg** (ppm)
		Frutales^x		
Arenosa	8-15	> 60 >	500	> 25
Franca	10-17	100-175	1.000-1.600	40-80
Arcillosa	15-20	150-300	2.000-3.000	60-120
		Agrios^y		
Arenosa	21-40	120-200	1.200-1.400	120-215
Franca	26-45	220-350	2.000-2.400	220-350
Arcillosa	31-50	280-450	2.600-3.200	280-455

* Método Olsen; ** Extracto acetato amónico 1N.

Fuente: ^xFAO, 1992; ^yLegaz *et al.*, 1995.

1.3.2. *Materia orgánica*

La adición de materia orgánica al suelo afecta a la estructura de éste, aumentando el porcentaje de agregados estables al agua. De este modo mejora sus propiedades físicas, y mejora también, indirectamente, su aireación y relaciones hídricas. En el caso de los arcillosos, facilitando la penetración del agua de lluvia y de riego. La fracción húmica de la materia orgánica resulta vital en este último aspecto, ya que el humus forma parte del complejo absorbente del suelo. En el caso de los suelos arenosos, agregando partículas y aumentando su capacidad de retención de agua y de intercambio catiónico. Se ha demostrado que el 70%, aproximadamente, de la capacidad de cambio de un suelo radica en su materia orgánica.

Un factor importante que contribuye a conocer la composición de la materia orgánica es su relación carbono/nitrógeno (C/N). Este valor oscila normalmente entre 8 y 12. Se acepta que el N de la materia orgánica se transforma en NO_3^- sólo cuando la cantidad de N excede de un determinado valor con relación al C; en la práctica cuando la relación C/N es igual o inferior a 12. Cuando la proporción de C es mayor, el exceso se desprende como CO_2 , quedando el N en forma de proteínas.

Los suelos muy ricos en materia orgánica producen elevadas cantidades de N que llegan a perjudicar la calidad de los frutos. Estos suelos no son, por tanto, recomendables para el cultivo de frutales (Tabla 3.4).

TABLA 3.4
Interpretación de los análisis de materia orgánica del suelo

Textura del Suelo	Niveles de materia orgánica (%)				
	Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
Arenosa	0-4,0	0,4-0,8	0,8-1,5	1,5-2,0	> 2,0
Franca	0-0,6	0,6-1,2	1,2-2,0	2,0-2,5	> 2,5
Arcillosa	0-0,8	0,8-1,6	1,6-2,5	2,5-3,0	> 3,0

Fuente: Legaz *et al.*, 1995.

1.3.3. Salinidad

La salinidad es, junto con la profundidad, un factor limitante del suelo ya que, en general, las especies frutales son muy sensibles a ella. Su desarrollo se reduce, las hojas, pequeñas, se deshidratan, inicialmente por el ápice y los bordes, y posteriormente caen. En los agrios cultivados en suelos salinos, la producción descende y los frutos son pequeños, aunque de corteza fina y de coloración más intensa, más dulces y más precoces.

Los suelos con altos contenidos de sales contienen, frecuentemente, cantidades muy elevadas de Na o de cloruros o sulfatos de Ca y Mg. El origen de éstas es la solubilización de los minerales, la intrusión marina que alcanza las capas freáticas más superficiales, el aporte de fertilizantes y, sobre todo, la aportación a través de las aguas de riego. La escasez de lluvias, las temperaturas elevadas, los vientos secos, humedades relativas bajas, un riego inadecuado y, sobre todo, deficiencias en el drenaje, contribuyen a la acumulación de sales en el suelo.

Las sales y sus iones difieren en sus efectos específicos sobre el cultivo. Los cloruros son especialmente negativos, y los sulfatos son tóxicos particularmente en condiciones de bajos contenidos en N. Especialmente importante es el Na; cuando la fracción arcillosa de un suelo no salino absorbe una proporción elevada de Na y ello, a su vez, se corresponde con una absorción baja de Ca y Mg, su estructura se deteriora, reduciéndose su permeabilidad, hasta casi anularse en algunos casos. Especial mención merece, también, el B que a concentraciones superiores a 1ppm puede dar lugar a efectos fitotóxicos en prácticamente todos los frutales.

Generalmente, la salinidad de un suelo se expresa por la *conductividad eléctrica del extracto de saturación* (CE), concepto basado en la capacidad de conducir la corriente eléctrica que tiene una solución acuosa de sales en proporción creciente a la concentración de éstas. Sus valores están referidos a una temperatura de referen-

cia de 25°C y se expresan en decisiems/m (dSm^{-1}), equivalentes a milimhos/cm (mmhos/cm). También es frecuente expresar la salinidad en g/l de ClNa en el extracto salino del suelo.

Junto a los efectos de toxicidad de los iones sobre la planta y a la degradación de la estructura del suelo, las sales ejercen un efecto osmótico de gran importancia sobre el desarrollo de la planta. El incremento de la concentración de sales en la solución acuosa reduce el potencial hídrico de ésta, que puede alcanzar valores inferiores a los de la solución del interior de la raíz en estrecho contacto con aquella. Cuando ello ocurre, la absorción de agua por la planta se ve seriamente dificultada y tiene que ser absorbida junto con los nutrientes a través de un mecanismo activo. El consumo de energía que ello implica se traduce en una reducción del desarrollo y de la producción. A pesar de ello, existen diferencias notables entre especies, variedades y portainjertos en la tolerancia a la salinidad (Tabla 3.5).

La corrección de la salinidad de un suelo es muy difícil. Algunas de las medidas que se han propuesto se resumen a continuación: *a)* cambiar el sistema de riego con el fin de modificar la distribución de las sales; los riegos de superficie, tendentes a concentrar las sales, deben ser sustituidos por riegos localizados que, al mantener una elevada humedad en el bulbo, permiten la utilización de aguas más salinas; *b)* aumentar la frecuencia del riego, con el fin de evitar una desecación que aumente la concentración de sales; *c)* aumentar el volumen de agua aportada en cada riego, con el fin de que las sales acumuladas desde el riego anterior puedan ser lavadas; *d)* modificar los hábitos de la fertilización, ajustando las dosis de ésta a las necesidades estrictas, fraccionando el abonado, y eligiendo los abonos con menor índice de salinidad, como urea, fosfatos y sulfatos en lugar de nitratos; *e)* realizar subsolados, durante el reposo vegetativo, para romper capas compactas profundas y facilitar la circulación del agua; y *f)* realizar riegos con aguas no salinas, en los casos graves, para lavar las sales acumuladas.

TABLA 3.5
Sensibilidad de diferentes especies frutales a la salinidad

Tolerantes (2 g/l ClNa)	Sensibles (< 1 g/l ClNa)
Algarrobo	Albaricoquero
Palmera datilera	Almendro
Pistacho	Membrillero
Tolerancia media (1-2 g/l ClNa)	Muy sensibles (< 0,5 g/l ClNa)
Olivo	Melocotonero
Vid	Peral
Higuera	Manzano
Granado	Ciruelo
	Cítricos
	Níspero
	Nogal

Fuente: Gil-Albert, 1992.

Cuando sea posible se ha de actuar preventivamente, *a)* mejorando la calidad del agua de riego, buscando procedencias distintas a la del origen del agua salina; *b)* nivelando adecuadamente el terreno, para facilitar el reparto uniforme del agua y evitar el encharcamiento y la consiguiente acumulación de sales en áreas concretas; *c)* estableciendo una red de drenaje artificial, en el caso de intrusiones marinas o de la presencia de capas freáticas altas de agua salina, para rebajar el nivel freático y dificultar el ascenso de sales; *d)* utilizando especies, variedades y portainjertos que toleren índices elevados de salinidad; y *e)* diseñando un nuevo sistema de riego, localizado, que permita mantener una mayor humedad.

1.3.4. *La reacción pH del suelo*

La acidez del suelo se debe a la presencia de iones H^+ procedentes de ácidos minerales solubles, así como de la arcilla coloidal y de la materia orgánica que contienen hidrogeniones de cambio. Dentro de unos límites muy amplios, la reacción ácida o alcalina del suelo, indicada por el valor de su pH, no es un factor importante por sí mismo en el cultivo de frutales. De hecho, es muy frecuente encontrar cosechas óptimas, por cuantía y calidad, en suelos con pH entre 5,5 (moderadamente ácido) y 8,5 (moderadamente alcalino).

Pero si se superan dichos valores, la acción del pH se muestra no sólo directamente sobre el vegetal, por la acción de los iones H^+ u OH^- , cuya acumulación altera muchas acciones enzimáticas y hasta la respiración, sino indirectamente alterando la textura del suelo, modificando su actividad microbiológica y condicionando la solubilidad de compuestos, tanto nutritivos como tóxicos. Así, en los suelos ácidos se solubilizan el Al, Fe y Mn, cuyas sales pueden acumularse y llegar a ser tóxicas para los árboles. Cuando el pH es elevado la mayoría de los cationes se insolubilizan, particularmente el Fe, Cu, Mn y Zn, y el fosfato monocálcico se transforma en bi o tricálcico, insolubles. En estas condiciones su absorción es muy difícil y los síntomas de deficiencia muy frecuentes. Finalmente, a pH entre 4,0 y 4,5 la nitrificación de los iones amonio se reduce hasta detenerse.

Los suelos ácidos pueden recuperarse con la adición de yeso y los suelos calizos con el aporte de azufre, pero en ambos casos la modificación del pH del suelo es muy lenta y no siempre se consigue. Realmente no existen medidas agronómicas eficaces capaces de modificar el pH de un suelo en condiciones de cultivo.

1.3.5. *Caliza activa*

La mayor parte de las especies frutales presentan claros síntomas fitotóxicos cuando se cultivan en suelos calizos. El contenido en carbonatos totales de un suelo da una idea de la calidad del mismo a este respecto; sin embargo, no está establecido el límite a partir del cual provoca clorosis. Más útil resulta expresar los resultados de los análisis en porcentaje de caliza activa, que indica la cantidad del mismo que, por su finura, es capaz de reaccionar con el suelo.

Aunque con variaciones entre especies (Tabla 3.6), contenidos elevados en caliza activa inducen carencias nutricionales, ya que ésta bloquea la absorción de algunos elementos minerales, particularmente el Fe. Los síntomas que provoca son característicos de la clorosis que la deficiencia en este elemento mineral induce, por lo que se denomina clorosis férrica.

La corrección del suelo en este sentido es muy difícil. En la práctica se recurre a la aportación de Fe en forma soluble (fertilización, abonos al suelo, pulverizaciones...); pero los mejores resultados se consiguen con la inyección de quelatos de hierro, sustancias que mantienen el Fe en posiciones de intercambio con la solución acuosa del suelo. Con ello se consigue superar la clorosis férrica, pero sólo temporalmente.

TABLA 3.6
Tolerancia a la caliza activa de las especies frutales

Especie	Tolerancia	(% caliza activa)
Albaricoquero, ciruelo y peral	Intermedia	10-12
Almendro	Tolerante	15
Avellano	Sensible	8
Cítricos	Intermedia	10
Manzano	Tolerante	15
Melocotonero	Sensible	7
Membrillero	Sensible	8
Vid	Tolerante	10-25

Adaptado de Gil-Albert, 1992.

2. El clima

El clima es un factor crítico en el desarrollo de las plantas. De hecho puede ser limitante para su cultivo y, además, es difícilmente modificable para las especies arbóreas.

La tasa de intercambio energético entre los tejidos y órganos de una planta y el medio es, junto con otros, un factor muy importante en el control de los procesos biológicos que regulan el crecimiento y el desarrollo (Fig. 3.1). Si ésta es favorable al medio, la planta sufre y reduce su productividad, pero si es favorable a ella, la energía es utilizada en mejorar su desarrollo y producción. La temperatura del aire, junto con la HR, la radiación, etc., determina la temperatura específica de las células, tejidos y órganos en relación con el tiempo o con su posición; el régimen térmico día/noche, en interacción con la duración del día, la temperatura de las raíces y otros factores ambientales, determina los procesos de crecimiento. Bajo el punto de vista agronómico, el clima conlleva una serie de riesgos

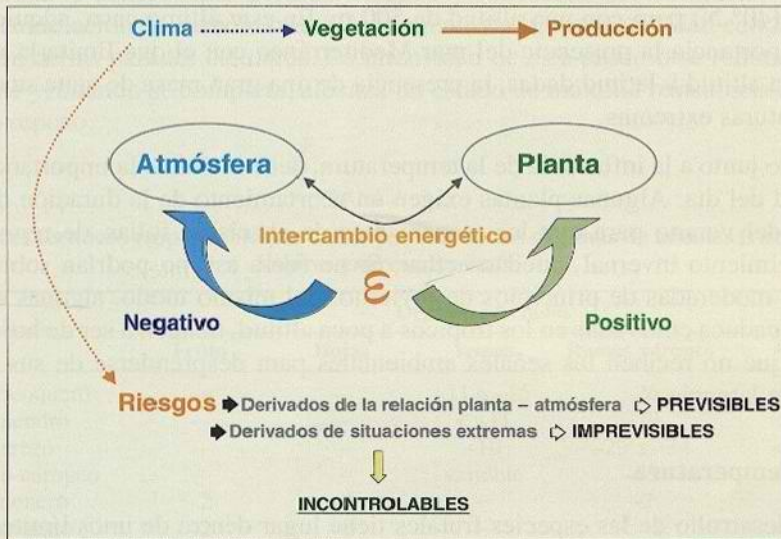


Figura 3.1. Relaciones planta-atmósfera. Intercambio de energía (ϵ)

previsibles derivados de las relaciones planta-atmósfera, como las lluvias, la sequía, las bajas temperaturas,..., pero también conlleva otros derivados de situaciones extremas y, por tanto, imprevisibles, como heladas, granizo,... En todos los casos, sin embargo, y cuando se trata de especies leñosas, son riesgos incontrolables en condiciones de cultivo. En otras palabras, no hay ninguna duda de que las condiciones ambientales afectan marcadamente el desarrollo de las plantas y su productividad.

Fernández-Escobar (1996), Gil-Albert (1992), González-Sicilia (1968) y Rebour (1971), han revisado los principales factores climáticos que afectan a los frutales.

2.1. Latitud y altitud

Con la distancia al Ecuador, es decir, al aumentar la latitud, la duración del día y de la noche cambia. Los días de verano son tanto más largos y los de invierno tanto más cortos cuanto mayor es la latitud, y estas variaciones modifican sensiblemente el régimen térmico. En el hemisferio norte, el límite norte para el cultivo de frutales lo marca, por una parte, su resistencia al frío y, por otra, sus exigencias en frío invernal para la salida del reposo. Sin embargo, los límites marcados por la latitud pueden ser alterados por otros factores; así, la altitud hace posible que algunos cultivos, como el manzano y el peral, puedan ser cultivados en las Islas Canarias, con temperaturas medias muy elevadas, a 600-800 m; o que se puedan cultivar

cítricos en la provincia de Castellón (38° N) y no en la de Toledo, con una latitud similar (40° N) pero con una altitud de 500 m. En este último caso, adquiere también importancia la presencia del mar Mediterráneo con el que limita la primera. Para una altitud y latitud dadas, la presencia de una gran masa de agua suaviza las temperaturas extremas.

Pero junto a la influencia de la temperatura, debe incluirse la importancia de la longitud del día. Algunas plantas exigen un acortamiento de la duración del día a finales del verano para que los mecanismos de abscisión foliar, de reposo y de endurecimiento invernal, puedan actuar. Si no fuera así, no podrían sobrevivir a heladas moderadas de principios de invierno; del mismo modo, algunas especies de hoja caduca cultivadas en los trópicos a poca altitud, tienden a ser de hoja perenne, ya que no reciben las señales ambientales para desprenderse de sus hojas y entrar en latencia.

2.2. Temperatura

El desarrollo de las especies frutales tiene lugar dentro de unos límites térmicos, variables con ellas. Dentro de ellos, se produce el preacondicionamiento otoñal, la salida del reposo y la determinación del momento de la floración.

Los árboles frutales de zona templada se adaptan bien a un amplio rango de temperaturas, situado, en términos generales, entre -5° y 30° C. En el clima mediterráneo, sin embargo, es frecuente que se rebasen estos límites, con temperaturas inferiores a -10° C en el interior y superiores a 35° C por la costa. En ambos casos, se producen efectos negativos sobre el cultivo. Temperaturas de 25° C a 30° C se consideran óptimas para la actividad fotosintética, mientras que temperaturas inferiores a 15° C o superiores a 35° C la reducen progresivamente.

Aunque todas las temperaturas inferiores a 0° C se consideran de helada, algunas especies pueden soportar temperaturas inferiores a -15° C; son aquellas que poseen una latencia profunda. La resistencia al frío en este periodo depende de factores nutricionales, fisiológicos y ambientales, por lo que resulta muy difícil establecer la respuesta de la planta a una escala de temperaturas, que es variable, por otro lado, entre especies y hasta entre variedades (Tabla 3.7). Como resulta lógico, las especies de hoja caduca son las más resistentes, mientras que las de hoja perenne y aquellas cuyos frutos maduran en invierno son las más sensibles.

La resistencia al frío de las diferentes especies se halla ligada a un proceso de adaptación que incluye dos fases: *maduración* y *endurecimiento de la madera*. La primera se inicia a principios de otoño con el progresivo acortamiento y reducción del día y las temperaturas, respectivamente. La acumulación de carbohidratos, la pérdida de turgencia de los tejidos, el engrosamiento de las paredes celulares y la reducción de la actividad meristemática caracterizan este proceso. El endurecimiento de la madera prosigue a su maduración, con un incremento de la permeabi-

lidad celular y consecuente pérdida de agua y reducción del volumen vacuolar, nueva acumulación de carbohidratos, incremento de la permeabilidad celular y lignificación de las paredes celulares. La intensidad de este proceso se reduce paulatinamente y, cuando se completa, alcanza un estado de máxima resistencia al frío y entra en reposo.

TABLA 3.7

Valores térmicos responsables de daños por frío en los órganos de árboles frutales.
Valores expresados en °C

Especie	Organos afectados				
	Fruto	Hojas	Yemas	Ramas y tronco	Arbol
Albaricoquero	—	—	-11 a -15	-26	< -26
Almendro	—	—	< -11	-29	< -29
Cerezo	—	—	-10	-29 a -34	< -34
Ciruelo europeo	—	—	variable	-29	< -29
Limonero	-2	-2	—	-2	< -6
Mandarino	-2	-2	—	< -8	< -12
Manzano	-4	—	rara vez	-34	< -34
Melocotonero	—	—	-1 a -17	-26	< -26
Naranja	-2 a -4	-2	—	-6 a -8	< -11
Olivo	< 0	-5	-5	-5	< -8
Peral	-4	—	-10 a -15	-20 a -29	< -29
Vid	—	—	-7	-7	-15

Fuente: Fernández-Escobar, 1996.

La salida del reposo se produce de modo natural por medio del frío invernal, pero la cantidad de frío requerido depende de las especies o variedades. La mayor parte de las especies de zona templada tienen una temperatura invernal óptima de latencia próxima a los 5° C, de modo que temperaturas por debajo de 0° C parecen no ser efectivas para salir del reposo. Las plantas adaptadas a inviernos cálidos requieren poca cantidad de frío. Las adaptadas a inviernos largos y frío continuado también son poco exigentes en frío, dado que permanecen por debajo de la temperatura de congelación durante la mayor parte del invierno; sólo a finales de éste e inicio de la primavera, cuando la temperatura vuelve a subir, la planta puede satisfacer sus necesidades de frío. Son las plantas procedentes de zona templada las más exigentes en frío invernal.

Estas últimas especies engloban la mayor parte de los frutales cultivados, y su dependencia de las bajas temperaturas representa un serio problema para su cultivo en algunas zonas en las que, en ocasiones, no se cubren sus exigencias térmicas, como es el caso de muchas regiones mediterráneas. Cuando estas especies se cultivan en áreas de temperaturas invernales suaves o estando en zonas adecuadas el invierno resulta especialmente benigno, los árboles vegetan mal y presentan los siguientes síntomas (Gil-Albert, 1992):

- a) Retraso en el desborre y apertura de yemas.
- b) Brotación irregular y dispersa.
- c) Desprendimiento de yemas de flor.

A la duración media necesaria del frío invernal para que la especie y/o variedad en cuestión florezca y vegete con normalidad, se le denomina *necesidades de frío*. Se cuantifican por el tiempo (horas) en que la planta ha estado por debajo de una temperatura umbral, aceptada, de 7,2° C, y siendo la unidad manejada la de *horas-frío*.

Pero la temperatura no sólo afecta a los procesos relacionados con la latencia y la brotación. Así, en algunas especies en las que el fruto madura en otoño-invierno el régimen térmico resulta decisivo. El cultivo de los cítricos en zonas próximas al ecuador da lugar a frutos de escaso valor comercial, ya que nunca alcanzan su coloración característica; estos frutos requieren temperaturas inferiores a 13° C para cambiar de color; por el contrario, su reverdecimiento y la reducción de la acidez libre, un factor determinante de su calidad interna, se han relacionado con las altas temperaturas. Por otra parte, temperaturas elevadas durante las primeras fases de su desarrollo, dan lugar a frutos con deformaciones, de piel rugosa y de escasa calidad, temperaturas del orden de 2-6° C afectan seriamente la permeabilidad cuticular del pomelo y algunos híbridos, provocando la pérdida puntual de agua y la aparición de puntos necróticos sobre la corteza (*cold pitting*), y temperaturas de congelación hielan su zumo, haciendo a los frutos inservibles para el consumo en fresco.

La temperatura es, también, el factor clave en la determinación de la brotación. En general, en las plantas bien adaptadas a un clima, es posible predecir la brotación sin más que hacer un seguimiento de la evolución de las temperaturas. Pero cuando algunas especies adaptadas a latitudes (HN) o altitudes bajas se cultivan en zonas de heladas primaverales, el peligro de que la cosecha se pierda es elevado. Estas especies son capaces de romper su latencia tras un corto período de elevación de las temperaturas, por lo que brotan demasiado pronto para la zona en que se encuentran, con lo que las hojas y las flores se hielan a menudo. La situación se agrava si, además, la especie es poco exigente en frío. Un ejemplo ilustrativo lo constituye el cultivo del almendro en las condiciones climáticas del mediterráneo; esta especie no es muy exigente en frío, de modo que si la elevación de las temperaturas se anticipa a finales del invierno, los árboles brotan, estando expuestos todos los años a los efectos de las heladas primaverales, frecuentes, por otra parte, en las áreas donde se cultiva.

Pero no sólo las bajas temperaturas condicionan el cultivo de frutales. Cuando éstas, durante el período vegetativo, superan los 35° C, su actividad, así como el desarrollo del fruto, pueden verse afectados. Valores superiores pueden provocar, incluso, el cese del desarrollo vegetativo, entrando la planta en una fase denominada *parada vegetativa de verano*, característica de las zonas de clima templado.

Temperaturas más elevadas pueden acarrear problemas de deshidratación, pérdida de hojas y alteraciones serias del fruto, en particular retraso y pérdida de intensidad en la coloración. Todos los problemas descritos se agravan, naturalmente, en condiciones de sequía y elevada insolación.

2.3. Lluvia y humedad relativa

La humedad se considera un factor decisivo de la producción, aunque en interacción con la temperatura, de la que es un factor moderador. El cuajado exige de humedades ambientales moderadas. Alteraciones de la HR ambiente, en particular descensos bruscos de ésta, se han relacionado con la caída fisiológica de frutos durante la fase de división celular de su desarrollo, y se ha demostrado que ésta es tanto más abundante cuanto menor es la HR. El tamaño final de los frutos y su calidad, en particular la coloración y la progresión de la senescencia, se han relacionado, asimismo, con la HR.

Pero más importante, si cabe, es la humedad del suelo para el desarrollo y la producción de los frutales. Esta, en general, procede de las lluvias, por eso en aquellas áreas frutícolas en las que la pluviometría es escasa y mal repartida, es necesario el riego. En las zonas templadas, como las mediterráneas, el clima se caracteriza por la existencia de un período anual de sequía, más o menos prolongado (30-180 días) en primavera-verano, seguido de otro de lluvias relativamente abundantes pero concentradas en unos pocos días, lo que unido a sus altas temperaturas estivales obliga al riego para asegurar la producción y mejorar su calidad.

Cuando la disponibilidad de agua es escasa, la fotosíntesis se reduce, el desarrollo vegetativo llega a detenerse, la inducción floral se ve alterada, el fruto apenas crece y, en los casos límite, puede verse comprometida la vida del árbol.

Por encima de 700 mm/año se consideran satisfechas las necesidades de la mayor parte de las especies frutales. Si su reparto a lo largo del año es adecuado, muchas especies pueden vegetar y producir una cosecha aceptable, lo que se denomina *cultivo de secano*. Pero si el régimen pluviométrico es escaso y/o irregular, solamente pueden desarrollarse y producir con aportaciones suplementarias de agua; y algunas precisan de éstas siempre para completar su ciclo vital. Al cultivo practicado en estos últimos casos se le denomina *cultivo de regadío*.

En el área mediterránea, la precipitación anual varía ampliamente, encontrándose regiones con cantidades tan bajas como 200 mm y otras que superan los 1.500 mm. Rebours, en 1971, para dicha área y suponiendo una precipitación media de 500 mm/año (5.000 m³/ha.año), clasificó las especies según su resistencia a la sequía, en tres grandes grupos (Tabla 3.8). En la práctica, sin embargo, las especies incluidas en cada grupo se comportan mejor y producen más si se riegan; por tanto, la clasificación propuesta indica que las diferentes especies pueden cultivarse en las condiciones de precipitaciones especificadas para cada grupo, pero su cultivo siem-

pre es posible con el riego; es más, en la práctica se aconseja eliminar con éste todo riesgo de limitación impuesto por la sequía.

Por otra parte, dependiendo de las especies, las necesidades de riego son muy variables. Así, los agrios necesitan un aporte de agua entre 7.500 y 12.000 m³/ha·año, lo que con una pluviometría de 5.000 m³/ha·año obliga a un aporte en riego de 2.500 a 7.000 m³/ha y año. En el extremo opuesto se sitúan el melocotonero y el ciruelo, con unas necesidades de 6.000 y 7.000 m³/ha·año, respectivamente, y un aporte adicional, por tanto, de 1.000 y 2.000 m³/ha·año con el riego. El manzano sobre patrón débil y el peral/membrillero se sitúan en una posición intermedia, con unas necesidades de 8.000 m³/ha·año de agua y un aporte de riego de 3.000 m³/ha·año.

TABLA 3.8

Resistencia de las especies frutales a la sequía en zonas templadas con una precipitación media anual de 500 mm

Resistentes; cultivo de secano	Poco resistentes; precisan riego	Sensibles
Olivo para aceite	Olivo de verdeo	Cítricos
Viña para vino	Uva de mesa	Manzano/patrón vigor medio
Almendro	Manzano/franco	
Higuera	Manzano/patrón vigoroso	Manzano/patrón débil
Pistacho	Peral/franco	Peral/membrillero
Albaricoquero	Melocotoneros precoces	Melocotonero
	Ciruelos precoces	Ciruelo
Cerezo/Santa Lucía	Cerezo/ <i>P. avium</i>	Avellano
	Cerezo/ <i>P. cerasus</i>	Actinidia
	Nogal	Frambueso
	Granado	Grosellero
	Níspero	Arándano

Fuente: Rebour, 1971.

Las lluvias afectan marcadamente el crecimiento y las características internas del fruto. Su tamaño final depende de la cuantía de las lluvias y del régimen pluviométrico, y ello con independencia del riego. En los años de lluvia escasa, los frutos son de tamaño reducido. En los frutos cítricos, la acidez libre y el contenido en sólidos solubles totales del zumo son reducidos cuando se presentan lluvias intensas durante los meses anteriores a la recolección.

Las lluvias, sin embargo, también producen efectos negativos. De hecho, cuando las lluvias coinciden con la plena floración, la polinización puede verse comprometida, particularmente si éstas se prolongan en el tiempo. La inactividad de las abejas en periodos lluviosos, el arrastre del polen por el agua, el lavado de los estigmas, los ataques de hongos y la destrucción de las flores o sus órganos si las lluvias son intensas, son algunas de las razones para ello. Por otra parte, el desarrollo del fruto puede verse seriamente alterado en algunos casos; ejemplos de ello

son el *agrietado* (ver Foto 13.11) de cerezas, albaricoques, nectarinas, higos, frutos cítricos, etc., la suberificación de numerosas y pequeñas grietas de la piel producidas por la lluvia que confieren a los frutos un aspecto como de *piel de patata*, la aparición de alteraciones ligadas a la senescencia en los cítricos, en particular de las mandarinas, lo que se conoce como *pixat* (ver Foto 14.11), la *caída de frutos maduros*, etc. Finalmente, si la precipitación es en forma de granizo los frutos, flores, hojas, ramas y troncos son heridos por impactos y con agresividad variable con el tamaño del granizo (Foto 3.3). Si la intensidad del meteoro es elevada y prolongada, la cosecha puede perderse y, en ocasiones, puede llegar a peligrar la integridad del árbol.



Foto 3.3. Daños producidos por el pedrisco en frutos de melocotonero (A), nectarina (B) y mandarina (C) y sobre madera de naranjo (D).

2.4. Luz

La dependencia que las plantas tienen de la luz es conocida. De ella, a través de la fotosíntesis, extraen la energía, que acumulan en los enlaces C-C de los carbohidratos, de modo que las especies vegetales no pueden desarrollarse con normalidad con restricciones drásticas de aquella. Tres características de la luz determinan su acción: la longitud de onda, la intensidad y la duración (fotoperiodo). Las dos primeras, sobre todo, varían con la latitud, altitud y época del año; todas dependen, en menor medida, de la nubosidad, HR y polución atmosférica.

La saturación luminosa en los frutales se encuentra alrededor de los $800 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$, de modo que intensidades luminosas inferiores pueden limitar la acti-

vidad fotosintética y, con ello, la producción. Sin embargo, en un día soleado la intensidad luminosa es de, aproximadamente, $2.000 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$, por lo que en estas condiciones sólo el 40%, aproximadamente, es utilizada por la planta; la posibilidad de que la luz limite el cultivo de los árboles frutales es despreciable.

La limitación puede estar marcada, no obstante, por el sombreado de árboles vecinos y por las propias ramas, entre sí, de un mismo árbol. Este aspecto, que hace referencia al espaciamiento y a algunas prácticas culturales (poda), será abordado en el capítulo 4.

Cuando la insolación es baja, la planta reduce su crecimiento vegetativo (tamaño y número de brotes y hojas) y sufre alteraciones en la inducción y diferenciación floral. En zonas con estas características, la cosecha suele ser más reducida que en las de intensa iluminación. Además, los frutos producidos suelen tener una coloración menos intensa.

Por el contrario, el exceso de insolación tiene efectos negativos claros. Así, los frutos pueden quedar dañados por su cara iluminada, formándose una costra suberosa (*golpe de sol*) que deforma el fruto y de color diferente al del resto de la piel (ver Fotos 17.2B, 17.5A y 18.3D). La vegetación también puede sufrir marchitamiento, desecación y necrosis y abscisión de hojas y brotes. Son sensibles a estos daños en vegetación los manzanos, perales y ciruelos.

2.5. Viento

El viento es considerado como el factor abiótico más importante en la producción de daños y lesiones sobre los frutos y partes vegetativas de los frutales. La dirección, velocidad y frecuencia son las características a tener en cuenta a la hora de diseñar una plantación. La primera porque determina la temperatura de los mismos, la segunda y tercera porque su acción mecánica puede aconsejar la implantación de protecciones específicas y hasta desaconsejar el cultivo en los casos más graves. Vientos con una velocidad de 25 km/h son potencialmente dañinos, mientras que los de velocidad ≥ 50 km/h provocan, en la mayor parte de los casos, daños muy importantes e irreversibles.

Los daños producidos por los vientos pueden clasificarse en tres grupos:

- a) *Daños mecánicos.* Estos son derivados de su velocidad y persistencia y afectan a ramas, hojas, flores y frutos. La agitación de la copa provoca choques de las hojas con otras hojas y ramas que pueden dañar los limbos, rompiéndolos, o arrancar las hojas; en los casos más graves se pueden producir roturas de ramas. Si los vientos se producen durante la floración, pueden provocar la caída de éstas, con la consiguiente pérdida de cosecha. Los frutos quedan afectados de heridas por roces entre ellos mismos, con las hojas y con las ramas, dando lugar a lesiones denominadas de *rameado* (Foto 3.4A), o pueden caer cuando los vientos son muy fuertes (Foto 3.4B).

- b) *Daños fisiológicos.* En la cuenca mediterránea, los vientos invernales del NW son fríos y secos y afectan a las hojas (Foto 3.4C) y la calidad de algunas mandarinas (Foto 3.4D) y de los pomelos, que se ven afectados de *pitting* o aumentan sus lesiones ligadas a la senescencia; los vientos veraniegos del SW, muy cálidos y fuertes, provocan desequilibrios hídricos en la planta que dañan las hojas (Foto 3.4E) y/o reducen su velocidad de crecimiento, lo que incrementan la caída fisiológica de frutos y disminuye su tamaño final. Por otra parte, en los campos próximos a las costas, los vientos húmedos y cargados de sales dañan seriamente a las hojas, deshidrándolas total o parcialmente.

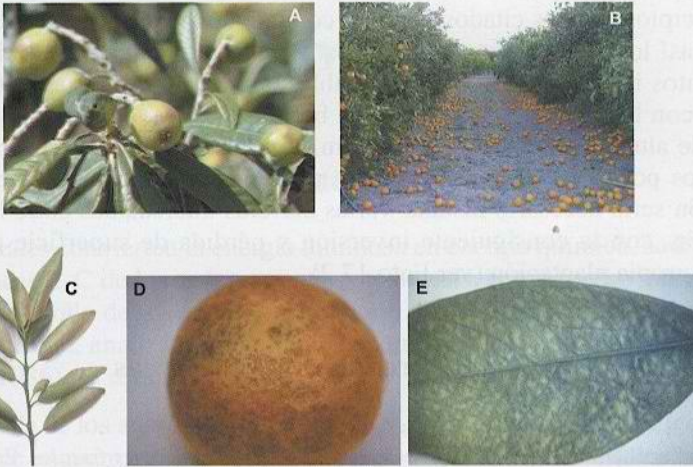


Foto 3.4. Daños producidos por los vientos. A: rameado sobre frutos de níspero japonés. B: Caída de frutos maduros en el naranjo dulce cv. 'Navelina'. C y D: Daños por frío en hojas y frutos de mandarino. E: Colapso del mesofila de las hojas de naranjo producido por vientos cálidos.

- c) *Daños indirectos.* La actividad de las abejas queda seriamente restringida por la acción de los vientos; su presencia en plena floración tiene un efecto negativo evidente en los frutales. La aplicación foliar de plaguicidas, nutrientes, fitoreguladores, etc., debe evitarse en presencia de vientos, no sólo por los efectos negativos sobre otras plantas o campos por acción de la deriva, sino porque las concentraciones aconsejadas no son de aplicación cuando la evaporación es muy alta, como ocurre en presencia de vientos; la pérdida tan rápida de agua equivale a una elevación incontrolada de la concentración aplicada.

La lucha contra los vientos se realiza con la implantación de *cortavientos*. Estos pueden ser *vivos* o *inertes*. Los cortavientos vivos son plantas de fuerte arraigo, perennifolias, de porte erecto y frondosas, como *Casuarinas*, *Cupressus*, *Populus* y *Eucalyptus*. La gran ventaja de estos cortavientos es su permeabilidad, que

aumenta su eficacia al evitar turbulencia, y en el caso de los géneros indicados tener la base guarecida, con lo que disminuye la penetración del viento. Un cortavientos con una permeabilidad media puede proteger una distancia equivalente a 15-20 veces su altura, salvo si los vientos son muy fuertes, en cuyo caso se reduce su eficacia, y una barrera de escasa permeabilidad protege apenas 4 veces su altura; para mantener la permeabilidad se hace necesario practicar, periódicamente, podas de aclareo. Junto a estas ventajas, los cortavientos vivos pueden acarrear problemas derivados del sombreado que producen, de la competencia radicular por nutrientes minerales y de la presencia de plagas y enfermedades criptogámicas.

Los cortavientos inertes suelen ser mallas de plástico duro, con una porosidad conocida para darle permeabilidad, sujetas a barras metálicas ancladas en el suelo. Los principios básicos citados para los cortavientos vivos son de aplicación aquí, pero no así los inconvenientes descritos. Pero la altura y permeabilidad de estos cortavientos inertes nunca son comparables con las de los cortavientos vivos. De acuerdo con los resultados citados, una barrera plástica, de permeabilidad media, de 5 m de altura, protege unos 75-100 m, lo que equivale a 12-16 filas de árboles (separados por calles de 6 m); es decir, para lograr una protección eficaz de una plantación sería necesario instalar varias barreras intercaladas entre las filas de la plantación, con la consiguiente inversión y pérdida de superficie de cultivo, o cubrir la propia plantación (ver Foto 17.2).

3. Referencias bibliográficas

- F.A.O. 1992. *Anuario. Boletín de suelos* 38/2, F.A.O., Roma, Italia
- Fernández-Escobar, R. 1996. *Planificación y diseño de plantaciones frutales*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Gil-Albert, F. 1992. *Tratado de arboricultura frutal*. Vol. II. *La ecología del árbol frutal*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- González-Sicilia, E. 1968. *El cultivo de los agrios*. Ed. Bello, Valencia, España.
- Legaz, F.; Serna, M. D.; Ferrer, P.; Cebolla, V. y Primo-Millo, E. 1995. *Análisis de hojas, suelos y aguas para el diagnóstico nutricional de plantaciones de cítricos. Procedimiento de toma de muestras*. Generalitat Valenciana, Fullets Divulgació, Valencia, España.
- Rebour, H. 1971. *Frutales mediterráneos*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Westwood, N.H. 1982. *Fruticultura de zonas templadas*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.

CAPITULO 4

FOTOSINTESIS Y PRODUCCION

1. Captación y utilización de la luz

Los vegetales convierten la energía luminosa en energía química, acumulándola en los enlaces C-C de los azúcares en la fotosíntesis. Este proceso marca decisivamente el desarrollo de sus órganos y, por tanto, la producción en las especies frutales. Su influencia, analizada por diferentes autores (Faust, 1989; Lakso y Lenz, 1986; Lenz, 1986), se resume en este capítulo.

En la década de los años 30, A. Heinicke y N. Childers determinaron la actividad fotosintética de un manzano a lo largo de su ciclo vegetativo. Sus resultados demostraron una pérdida de energía al inicio del mismo, un incremento lento de la presencia de fotoasimilados (Ft) a medida que aumentaba la superficie foliar, y un posterior descenso de la tasa fotosintética coincidente con la senescencia de las hojas. El factor más importante durante todo el ciclo vegetativo fue la luz, de modo que en días de elevada irradiación la síntesis de Ft fue, asimismo, elevada, mientras que en días nublados ésta apenas alcanzó el 25% de los valores correspondientes a los días más luminosos.

Cuando la radiación solar incide sobre un árbol, interacciona con éste siendo absorbida, dispersada y transmitida a través de la copa. En una plantación estándar de frutales, alrededor del 30% de la radiación solar global es absorbida por las hojas. De ésta, aproximadamente el 28%, en términos de energía solar, se utiliza en la producción de carbohidratos y en la síntesis de compuestos ricoenergéticos y más del 70% es convertida en calor y utilizada parcialmente para transpirar, siendo el resto devuelto, por convección, a la atmósfera. Estos procesos son los que determinan la utilización del agua por el árbol y la temperatura de las hojas y frutos.

La productividad fotosintética de los árboles frutales depende de factores endógenos y medioambientales. Los primeros hacen referencia a la estructura de la hoja,

contenido en clorofila, conductividad hídrica y ajuste osmótico del árbol, y a la presencia de fuertes sumideros, como los frutos. Los factores ambientales incluyen la disponibilidad de luz, de gases, de agua y la temperatura. Esta última afecta no sólo a la fotosíntesis, sino a la respiración, de modo que cuando es elevada da lugar a una marcada pérdida de carbohidratos. La disponibilidad hídrica, junto con la humedad relativa (déficit de presión vapor), determina la apertura estomática que influye decisivamente en el intercambio de CO_2 y, consecuentemente, en la fotosíntesis.

La radiación solar que reciben los árboles puede ser dividida en dos tipos: directa, como haces de rayos paralelos que alcanzan su superficie; y difusa, procedente de la luz dispersa en la atmósfera y que incide sobre ellos en todas direcciones. Dicha radiación, cuando alcanza la copa de los árboles, es absorbida o dispersada, dependiendo de su λ y ángulo de incidencia, y de la estructura y edad de las hojas.

La penetración de la luz en el interior de los árboles depende de su tamaño y de su forma. Las determinaciones realizadas indican que, en el manzano 'Delicious', la intensidad de luz recibida a 2 m de la parte más alta de la copa y en el interior del árbol es del orden del 60% de la que incide sobre el árbol. Asimismo, en términos de radiación fotosintéticamente activa (PAR), sólo el 15% de la luz disponible penetra en el interior de los árboles de manzano cv. 'Mc Intosh', y en el cv. 'Wayne' esta cifra se reduce al 7%. La importancia de ello puede deducirse de su repercusión en diversos aspectos (Tabla 4.1). Las manzanas que reciben menos de un 40% de la radiación requerida, desarrollan un color comercialmente inapropiado; y los frutos sombreados son siempre los de menor tamaño. Asimismo, el desarrollo vegetativo (Foto 4.1), así como de dardos, dardos coronados y/o lamburdas, se ve seriamente comprometido cuando recibe menos de un 25% de la radiación que precisan y, en todo caso, la densidad foliar en el interior de la copa es siempre inferior a la de su superficie. En los cítricos, las hojas son altamente tolerantes al sombreado, pero las cosechas más elevadas se producen en condiciones de alta intensidad luminosa y se ha demostrado una correlación positiva entre el porcentaje de frutos de pequeño tamaño y el porcentaje de días nublados durante la primavera. Por otra parte, en estas especies la luz también es necesaria para la síntesis de carotenoides y antocianos, es decir, para la coloración del fruto; los frutos expuestos a la luz adquieren una coloración más intensa que los sombreados.

TABLA 4.1
Intensidad luminosa necesaria para la consecución de algunos factores de calidad en el manzano

	Desarrollo satisfactorio	Desarrollo no satisfactorio
Tamaño del fruto	> 50%	< 50%
Color del fruto	> 70%	< 40%
Desarrollo de lamburdas	> 30%	< 25%

Fuente: Faust, 1989.



Foto 4.1. El desarrollo vegetativo y, por tanto, la densidad foliar, se ven notablemente reducidos por el sombreado.

La interferencia de la recepción de la luz puede ser consecuencia del sombreado provocado por el propio árbol en su interior o del sombreado entre árboles. Con el aumento del tamaño del arbolado aumenta el primero; el sombreado entre árboles es función de la elevación del sol y de la distancia entre árboles. Por otra parte, el período del día y la parte del árbol que recibe la luz dependen de la orientación de las filas. En el HN, si están orientadas en dirección norte-sur, las dos caras (este y oeste) de los árboles recibirán el mismo número de horas de luz; pero si están orientadas en dirección este-oeste, la cara norte de los árboles recibe $2/3$ menos de horas de luz que la cara sur. Finalmente, la densidad foliar es un factor decisivo de la transmisión de la luz en el interior del árbol. La importancia de algunas prácticas culturales (poda) y de los marcos de plantación, así como la orientación y distribución de los árboles en la plantación, resulta obvia.

2. Potencial fotosintético

Las hojas de los frutales presentan una estructura típica de plantas C3, que puede, no obstante, verse alterada por el brote en el que se encuentran y con su exposición a la luz. Es difícil describir una «hoja tipo» de los árboles frutales, pero sí es posible agrupar algunas características comunes. Así, en general, a medida que las hojas se aproximan al ápice del brote disminuyen su espesor, el parénquima en empalizada es más compacto y sus células más largas, lo que hace

que el espesor del parénquima lagunar descienda, disminuye también el porcentaje correspondiente al espacio intercelular y aumenta la densidad estomática (Tabla 4.2).

TABLA 4.2
Características de las hojas del manzano 'McIntosh'. Influencia de su posición en el brote

	Posición de la hoja en el brote		
	Basal	Media	Apical
Espesor del parénquima en empalizada (μm)	100	107	123
Espesor del parénquima lagunar (μm)	124	88	84
Espacio intercelular del mesófilo (%)	28	21	14
Espesor de la hoja (μm)	252	220	232
Superficie foliar (cm^2)	12	36	25
Densidad estomática (n.° de estomas $\cdot \text{m}^{-2}$)	284	396	556

Tomado de Faust, 1989.

En el manzano, la producción de Ft aumenta rápidamente con la expansión de las hojas, alcanzando los valores máximos unos pocos días después de que éstas alcancen su máxima superficie. La escasa capacidad fotosintética de las hojas más jóvenes es consecuencia de la inmadurez de sus estomas; éstos alcanzan su plena funcionalidad 6 semanas después de la brotación. Una explicación alternativa a la baja producción de Ft de las hojas jóvenes es su bajo contenido en N, como se verá más adelante. La tasa fotosintética de las hojas adultas permanece constante durante varias semanas hasta que inicia su declive cuando la hoja entra en senescencia. En esta especie el contenido de Ft en las hojas de los ramos de madera es más elevado que en las hojas de los ramos productivos, alcanzando valores tres veces mayores en los meses de agosto y septiembre.

Las alteraciones citadas afectan a la producción fotosintética, pero no son los principales factores reguladores de ésta. Así, el peso específico de las hojas, esto es, su peso seco por unidad de superficie, es alterado por la luz. A medida que el sombreado aumenta, el peso específico foliar desciende, porque su superficie aumenta. Como consecuencia de ello el contenido en clorofila también aumenta; pero no es ésta la principal razón, sino la mayor «densidad» de clorofila en las hojas sombreadas, que poseen mayor contenido de estos pigmentos por unidad de superficie (Tabla 4.3). Es decir, a medida que aumenta el sombreado de las hojas, éstas presentan mayor contenido en clorofilas y mayor superficie, con lo que compensan el déficit luminoso. A la vista de ello, la poda podría parecer menos importante de lo que se ha dicho anteriormente, pero debe resaltarse que el sombreado también reduce la densidad foliar y bajo este punto de vista resulta imprescindible.

TABLA 4.3

Efecto del sombreado en el contenido en clorofilas de las hojas de melocotonero

Luminosidad (%)	Area foliar (cm ²)	Clorofilas			
		a	b	a	b
		(mg dm ⁻²)		(µg mg ⁻¹ pf)	
100	29	2,8	1,3	2,6	1,2
36	34	4,9	1,7	6,1	2,2
21	38	4,8	2,2	7,1	3,4
9	35	5,2	2,5	12,1	5,7

Tomado de Faust, 1989.

A la vista de lo expuesto, el máximo potencial de fotosíntesis neta es difícil de determinar en los frutales. La localización (tipo de brote) de la(s) hoja(s) elegida(s) para el estudio, las condiciones en el momento de tomar las medidas, los diferentes aparatos, y hasta las unidades utilizadas dificultan el estudio y la comparación entre especies y/o variedades.

2.1. Respuesta foliar a las variaciones luminosas

En relación a la síntesis de Ft, la respuesta de los frutales al incremento de radiación solar es típica de las plantas C3. La fotosíntesis de una hoja se satura para niveles del 20%-40% de luz solar, de modo que iluminaciones de hasta el 100% no mejoran la respuesta respecto de los valores indicados. En general, se satura entre 400 y 600 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ en hojas de manzano; en melocotonero, cerezo, almendro, ciruelo y albaricoquero, los valores de saturación fotosintética se alcanzan para valores de 400-700 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Las hojas del interior de la copa están, con frecuencia, expuestas a cortos periodos de PAR a medida que las hojas y la tierra se mueven y los rayos de sol penetran o no en su interior. Como consecuencia de ello, se han adaptado a estos cambios rápidos para incrementar su eficacia fotosintética y las hojas de manzano son capaces de responder, fotosintéticamente, en 5-15 s a los cambios de radiación solar. La alternancia brusca de luz de alta y baja densidad durante 1 s se traduce en rendimientos del 85-95% de la síntesis de Ft correspondiente a periodos continuos de alta iluminación. La conclusión es que las hojas del interior de la copa son relativamente eficientes o pueden responder instantáneamente cuando los rayos solares penetran en su interior y las iluminan brevemente hasta que las hojas más externas interrumpen su iluminación.

2.2. Conductancia estomática

Los estomas juegan un papel central en el intercambio de gases y, por tanto, en la tasa fotosintética. Las similitudes observadas entre el comportamiento estomáti-

co y la tasa fotosintética sugiere que los estomas juegan un papel limitante en el control de la fotosíntesis. Así, en el manzano y melocotonero, en condiciones de bajo estrés, la limitación fotosintética imputable a los estomas apenas supera el 30%; pero en esta última especie, una apertura estomática limitada puede llegar a reducir en cerca de un 60% la tasa fotosintética. El control de la apertura estomática (conductancia) es consecuencia de la interacción de diferentes factores, pero el mantenimiento de la turgencia así como la concentración de CO_2 en el mesófilo de la hoja y las variaciones climáticas diurnas, resultan esenciales. Así, los estomas se abren cuando el suministro de agua es abundante y la demanda de CO_2 en el mesófilo es elevada, y viceversa. Pero ambos aspectos no siempre se presentan acompañados y la necesidad de fijar CO_2 puede ser coincidente con la de retener el agua, complicando el proceso.

En muchas especies frutales se han demostrado variaciones diurnas notables. En las plantas C3 la apertura estomática es consecuencia del estímulo directo de la luz sobre las células oclusivas, proporcionando ATP para el funcionamiento de una H^+ -ATPasa (ATP hidrolasa protonica) ligada a la membrana de las células oclusivas; ésta bombea protones (H^+) hacia el exterior de dichas células creando un gradiente electroquímico entre ambos lados de la membrana que permite la difusión pasiva de iones K^+ hacia el interior de las células oclusivas, lo que permite aumentar su turgencia y abrir el estoma. Sin embargo, para niveles de PAR equivalentes, las tasas fotosintéticamente más elevadas se presentan durante la mañana y la tarde, con un declive notable alrededor del mediodía.

A la vista de todo ello, ¿qué señal(es) ignora(n) la baja concentración de CO_2 y la elevada intensidad luminosa existentes al mediodía e induce(n) el cierre estomático? En condiciones de campo, la humedad relativa del aire y la temperatura foliar se han señalado como las causas del mismo. En efecto, es al mediodía cuando se producen la temperatura más alta, el mayor potencial hídrico interno y el déficit de presión de agua más elevado, que provocan el cierre estomático y, por tanto, un descenso en la síntesis de Ft. La especie, las condiciones de cultivo y, sobre todo, el estado hídrico de la planta condicionan, sin embargo, la magnitud de la respuesta. Así, en los albaricoqueros cultivados en climas desérticos la apertura estomática depende, sobre todo, del déficit de vapor de agua del aire; en el cerezo se ha demostrado una reducción de la síntesis de Ft durante el mediodía sólo cuando el fruto se encuentra en la fase de engrosamiento celular; y en el manzano, si bien se detecta un ligero descenso en la síntesis de Ft durante el mediodía, éste desaparece en condiciones de temperatura y humedad relativamente constantes.

2.3. Influencia de la concentración de CO_2

En los frutales, la fotosíntesis responde lineal y positivamente a concentraciones crecientes de CO_2 entre 50 y 250 $\mu\text{l l}^{-1}$, de un modo característico como corresponde a las plantas C3. El punto de compensación de CO_2 para el almendro, cirue-

lo, cerezo, melocotonero y albaricoquero se ha establecido entre 55 y $65 \mu\text{l l}^{-1}$; pero para el manzano es de $20 \mu\text{l l}^{-1}$, lo que indica su mayor eficiencia fotosintética.

Se ha sugerido que el mecanismo que acopla la conductancia estomática a la fotosíntesis es la sensibilidad de los estomas al CO_2 , en particular al CO_2 del interior de la hoja, capaz de modificar la respuesta del estoma al déficit de presión de agua. En efecto, cuando un estoma responde fuertemente al CO_2 interno, tiende a abrirse hasta una conductancia capaz de mantener a éste dentro de los niveles adecuados, independientemente de cual sea el déficit de presión de agua.

2.4. Nitrógeno y actividad fotosintética

El contenido en N es el factor más importante en la determinación de la tasa fotosintética por unidad de superficie foliar. En el melocotonero se ha demostrado una estrecha correlación entre ambas variables, de modo que cuanto mayor es el contenido foliar en N, mayor es la tasa fotosintética.

Dentro del género *Prunus*, la tasa fotosintética del melocotonero, ciruelo y cerezo es muy similar cuando se expresa en términos de área foliar, la del almendro es mayor, respecto de las especies citadas, y la del albaricoquero inferior.

La pérdida de actividad fotosintética que las hojas experimentan con la edad puede ser retrasada si se fertilizan los árboles con cantidades adicionales de N al inicio del otoño. Aparentemente, una fertilización abundante o la aplicación tardía de N retardan la senescencia de las hojas y con ello se mantienen tasas más elevadas de Ft. Pero, por otra parte, el estímulo del desarrollo vegetativo que se produce aumenta el sombreado, sobre todo en el interior del árbol, y el crecimiento de los brotes y ambos factores reducen las reservas y la disponibilidad de carbohidratos para aquellas actividades del árbol relacionadas con la productividad. En consecuencia, la fertilización nitrogenada debe ser manejada con precaución y, desde luego, no con el único propósito de incrementar la tasa de Ft.

2.5. Dependencia térmica de la fotosíntesis

En hojas de manzano, y en condiciones de saturación de la PAR, la máxima tasa fotosintética se alcanza para temperaturas entre 20 y 30°C ; para valores superiores a 30°C la síntesis de Ft se reduce y para valores superiores a 35°C decae rápidamente, especialmente con niveles altos de radiación. En perales y manzanos, las altas temperaturas inhiben la fotosíntesis al estimular la fotorrespiración. Por otra parte, se ha demostrado una correlación estrecha entre la iluminación y la temperatura óptima de fotosíntesis, de modo que si aquella se incrementa ésta última también lo hace.

Por otra parte, temperaturas inferiores a 20°C también dan lugar a un descenso de la síntesis de Ft. Es más, si la temperatura alcanza valores tan bajos como

-1,3° C, la reducción de la tasa fotosintética presenta una duración de, al menos, dos semanas, como consecuencia del shock sufrido por la planta.

Pero la temperatura también puede afectar indirectamente a la fotosíntesis. Así, el efecto térmico es raramente independiente del déficit de presión de agua, el cual afecta la apertura estomática y, por tanto, también a la síntesis de Ft. La temperatura afecta a la tasa de respiración oscura, afectando de este modo a la productividad fotosintética. También influye sobre el cuajado y, consecuentemente, sobre el número de frutos, es decir, sobre el número de sumideros presentes en el árbol, y éstos afectan directamente la síntesis de Ft. Finalmente, la temperatura puede alterar el proceso de la senescencia; así, durante el otoño, el descenso en la síntesis de Ft de las hojas viejas puede ser pospuesto incrementando el régimen térmico; en el manzano, aumentando la temperatura hasta un régimen diario de 18° C/10° C día/noche, se puede retrasar su senescencia y mantener el nivel de clorofilas.

3. Eficiencia fotosintética

La eficiencia fotosintética puede ser medida de diferentes formas. El modo más útil en los frutales es la determinación del incremento de materia seca por unidad de superficie foliar. Pero dicho incremento debe ser calculado en función de los sumideros presentes. Así, en el manzano, para una relación hojas/frutos de 30, que se considera elevada, la producción de materia seca es de 0,63-0,94 kg m⁻², mientras que para una relación de 20 la materia seca producida es 0,94-1,46 kg m⁻². Por tanto, la máxima eficiencia fotosintética depende críticamente de la presencia de sumideros (frutos), que constituyen el factor más importante.

3.1. Influencia del fruto en la fotosíntesis

En el manzano, los árboles con una cosecha elevada reducen marcadamente su superficie foliar en comparación con los que no tienen frutos, pero en el momento de la recolección su masa seca total producida es mayor. Ello indica una mayor eficiencia fotosintética provocada por la presencia del fruto. En efecto, los estudios de productividad indican que la cantidad de carbohidratos transportados a los frutos es mayor, en peso, que la que supone la supresión del desarrollo vegetativo inducida por ellos. Además, determinaciones directas utilizando ¹⁴CO₂ demuestran que los frutos actúan como potentes sumideros, y que son éstos los responsables del transporte de Ft desde las hojas a ellos mismos, sobre todo durante la fase lineal de su crecimiento. Es más, la eliminación de los frutos interrumpe el transporte de Ft desde las hojas vecinas en 24-48 h.

Esta situación, sin embargo, no es constante en los frutales, de modo que el estado de desarrollo de sus diferentes órganos es determinante en las relaciones fuente-sumidero. En algunos casos la capacidad de un órgano cambia convirtién-

dose de órgano fuente en sumidero o de sumidero en fuente a medida que avanza su desarrollo. Así, las raíces que son fuente de reservas para la parte aérea de la planta cuando ésta inicia un nuevo ciclo vegetativo, se convierten en sumidero de Ft a medida que avanza éste. Por contra, en el manzano, los brotes actúan inicialmente como sumideros e importan carbohidratos de los órganos de reserva durante, al menos, las 3 primeras semanas de su desarrollo, convirtiéndose a continuación en órganos fuente de Ft. De un modo similar, en los cítricos, las hojas jóvenes de primavera actúan como sumidero de carbohidratos mientras crecen, compitiendo por ellos con las flores, y solamente cuando han completado su desarrollo se convierten en órganos exportadores de Ft a ellas y en órganos de reserva de las siguientes brotaciones.

Durante las primeras fases de su desarrollo, los frutos dependen completamente de los Ft transportados desde las hojas jóvenes. En el melocotonero se ha demostrado que la disponibilidad de Ft tras el cuajado es crucial para que el fruto inicie el desarrollo, y en los cítricos la eliminación, total o parcial, de las hojas da lugar a una reducción, total o parcial, del cuajado, respectivamente. Del mismo modo, el sombreado de los árboles en fases avanzadas del desarrollo de los frutos, reduce el tamaño final de éstos. La presencia de brotes y hojas puede tener efectos similares, ya que son competidores directos del fruto por carbohidratos, y así, en los cítricos, un estímulo de la brotación durante el cuajado provoca la abscisión de gran número de frutos.

3.2. Azúcares de transporte

En las especies frutales la sacarosa es el azúcar más abundante en el floema. Este disacárido se sintetiza en el citosol a partir de hexosas (glucosa 6-fosfato y fructosa 6-fosfato) procedentes de las triosas fosfato originadas en la fotosíntesis. El exceso de triosas fosfato que no se utiliza en la síntesis de sacarosa se convierte en almidón, que actúa de sustancia de reserva de C. La sacarosa se mueve, vía plasmodesmos, a favor de un gradiente de concentración desde las células del mesófilo de las hojas hasta el floema. Su carga en los tubos cribosos sigue una ruta apoplástica o simplástica, dependiendo de la estructura floemática y, por tanto, de la especie, sin que hasta el momento se conozca con precisión el proceso. En todo caso, es necesario un mecanismo de acople energético dado que la concentración de Ft en floema es mayor que en las células del mesófilo.

El aumento de la concentración de Ft en el floema que ello conlleva, provoca la carga de agua en el mismo, aumentando su presión hidrostática interna; cuando ésta llega a ser mayor que la de los sumideros, se origina una corriente de agua hacia éstos que arrastra pasivamente a los Ft.

El mecanismo de descarga también puede ser apoplástico o simplástico, dependiendo, además, del órgano sumidero; en el caso de los frutos la descarga de sacarosa de los tubos cribosos tiene lugar en el simplasto. Una vez en el fruto, la sacarosa se acumula como tal y es hidrolizada en sus componentes, glucosa y fructosa.

En otras especies, en particular en las de la familia *Rosaceae*, es el sorbitol, un azúcar-alcohol ($C_6H_{14}O_6$), el producto de la fotosíntesis transportado mayoritariamente junto con la sacarosa. En el manzano, el 80% de la actividad ^{14}C de la fracción soluble en etanol de las hojas es sorbitol y solamente el 17% sacarosa, 1,5% glucosa y 1,2% fructosa; las hojas de ciruelo fijan alrededor de un 33% de CO_2 como sorbitol.

La síntesis de sorbitol también tiene lugar en el citoplasma. El proceso no es totalmente conocido, pero se asume que no difiere del de otros polialcoholes. Tras su síntesis, el sorbitol es transportado a los sumideros vía floema, de un modo similar a como se transporta la sacarosa. Son pruebas de que en las especies frutales de la familia *Rosacea* ésta es la sustancia que se transporta en mayor cuantía desde las hojas al fruto, las siguientes:

1. Existe un gradiente de concentración de sorbitol desde la fuente al sumidero; su concentración en las hojas es la más alta y la más baja es la de los frutos.
2. En el manzano, el sorbitol es el carbohidrato más abundante en los tejidos conductores, y el que más rápidamente es transportado ante la demanda de los sumideros.
3. Se ha demostrado en el manzano la preferencia del floema por incorporar sacarosa, lo que exige elevadas cantidades de sorbitol para superarla; los experimentos con ^{14}C indican que la elevada concentración de este último es capaz de ello.
4. Una vez en el floema, el sorbitol no es metabolizado. El sorbitol es el carbohidrato soluble más abundante en el floema de manzano, albaricoque, ciruelo y melocotonero. Pero durante el inicio del ciclo vegetativo, es la sacarosa el más abundantemente transportado desde las raíces a la copa.

Cuando el sorbitol alcanza los sumideros, es oxidado a fructosa por una deshidrogenasa NAD dependiente. De la existencia de este enzima no hay ninguna duda, ya que ha sido aislada de tejidos fotosintéticos y frutos de manzano, peral y ciruelo. Además, se ha demostrado que su actividad en las hojas desciende lentamente a medida que la capacidad fotosintética de éstas aumenta en su transición de sumidero a fuente.

Un aspecto destacable del metabolismo del sorbitol es su acumulación en los espacios intercelulares del fruto de algunas manzanas, como las 'Delicious', en estados avanzados de su maduración. Como consecuencia, el potencial osmótico de dichos espacios intercelulares disminuye mucho, reteniendo por ello agua, de modo que los tejidos circundantes se comportan como anaeróbicos durante el almacenamiento hasta que, finalmente, decaen y colapsan. A este fenómeno se le conoce como *watercore* o *corazón pardo*, ya que es el corazón del fruto el que con más frecuencia sufre la alteración.

Finalmente, otros alditoles, como el manitol, también son transportados en algunas especies frutícolas (*Oleaceae*).

3.3. Respiración oscura

La respiración en la oscuridad es un factor esencial en el desarrollo del árbol y en su producción. Esta utiliza una parte sustancial de los Ft producidos durante el periodo luminoso, aunque con diferencias notables entre los diferentes órganos. Tasas respiratorias entre 1,0 y 1,6 mg CO₂ dm⁻² h⁻¹ han sido registradas frecuentemente en los tejidos de las hojas, aunque con variaciones notables dependiendo de la temperatura nocturna y aumentando con el incremento de ésta. En su conjunto, la respiración oscura puede afectar a cerca del 50% del total de carbohidratos sintetizados en la fotosíntesis.

En los climas de noches templadas, el tamaño de los árboles y su cosecha se hallan frecuentemente restringidos, pero el tamaño del fruto es normal, lo que puede ser explicado en base a la elevada tasa de respiración nocturna de sus tejidos. En estas condiciones, el aporte de carbohidratos es insuficiente para el crecimiento del árbol y la formación de yemas de flor, con lo que el árbol es pequeño y produce poco, pero es suficiente para satisfacer la demanda de los frutos en desarrollo.

En climas de noches frías, el albaricoquero en condiciones de secano emplea 23 kg de C de los 57 kg fijados en la respiración oscura, y en regadío utiliza 32 kg de C del total de 75 kg fijados (ver Fig. 4.1). Aunque los árboles en regadío fijan mayor cantidad de C que en secano, la proporción de éste respirado en la oscuridad (42% vs 40%) es similar.



Figura 4.1. Reparto del C fijado por árboles de albaricoquero cultivados en secano y regadío (Adaptado de Faust, 1989).

3.4. Utilización de carbohidratos por el árbol

A la vista de lo hasta aquí expuesto, resulta claro que las relaciones fuente sumidero juegan un papel dominante en la utilización de carbohidratos en el árbol frutal. Además, es ahora cuando se puede entender su concepto. La condición de *fuelle* puede definirse como la capacidad de un tejido de producir Ft para exportarlos a otros órganos de la planta, y la condición de *sumidero* como la capacidad potencial de algunos tejidos para acumular y utilizar metabolitos. Así se entiende, además, que durante el desarrollo algunos órganos fuente se conviertan en sumidero y algunos órganos sumidero se conviertan en fuente. En términos agronómicos, el fundamento del cultivo consiste en influir tanto sobre las fuentes como sobre los sumideros para obtener el mayor provecho posible en orden a obtener máximas cosechas de la mejor calidad.

Son muchos los estudios sobre el reparto de carbohidratos entre los frutos, brotes, hojas y raíces. En general, la capacidad sumidero de éstos, en orden de mayor a menor, es: frutos, brotes y raíces, ya que las hojas asumen prioritariamente el papel de fuentes. El modelo que actualmente se utiliza al respecto (Landsberg, 1980), muy simple, define la ganancia en peso seco y reparto de Ft en un árbol frutal según:

$$(\Delta P/\Delta t)_{\text{árbol}} = \Delta P/\Delta t (Ft_H + Ft_B + Ft_R + Ft_F)$$

en la que ΔP es la ganancia en peso seco, como carbohidratos (Ft), de las hojas (H), los brotes (B), las raíces (R) y los frutos (F), y cuya suma es igual a 1.

De acuerdo con este modelo, un incremento de la cosecha debe reducir el desarrollo vegetativo y radicular proporcionalmente, y viceversa. Y aunque hay evidencias que permiten defenderlo, algunos fenómenos del desarrollo son mucho más complejos de lo que a la vista del mismo pueda parecer y, consecuentemente, deben ser resueltos con modelos más complejos. Como ya se ha visto, el fruto aumenta la eficiencia fotosintética, y dado que el incremento en la síntesis de Ft que ello representa no se ve compensado por el incremento que la cosecha experimenta, el modelo de Landsberg se complica. Es más, una elevada cosecha tiene un efecto de memoria en el árbol que al año(s) siguiente(s) reduce su producción, y la explicación debe estar en la reducción de Ft acumulados en las raíces, puesto que las hojas, en muchas especies, se pierden en otoño. Ello es especialmente notable en árboles jóvenes, por lo que no resulta aconsejable forzar la producción precoz de los frutales.

En el albaricoquero se ha demostrado que la mejora en la distribución de Ft a favor del fruto que se logra con el riego, en comparación con el secano, provoca una acumulación en las raíces de tan solo el 10% del total fotosintetizado, frente a más del 40% que se acumula en los árboles no regados (Fig. 4.1).

Pero el desarrollo vegetativo también se ve reducido por la presencia de los frutos, al menos en manzanos, melocotoneros y cítricos. Así, en el manzano, aun-

que la cosecha detiene, literalmente, el desarrollo radicular, el desarrollo vegetativo es reducido hasta en un 30% (en peso seco) en relación con los árboles sin cosecha. Lenz (1986) demostró que ello se debe a que el fruto reduce el transporte de Ft hacia las partes vegetativas del árbol (Tabla 4.4). Pero el sistema es mucho más complejo ya que, si bien es evidente que la producción total de biomasa es superior en los árboles con frutos y con menor desarrollo vegetativo, el incremento en Ft que supone la cosecha no explica por sí misma la reducción en la acumulación de Ft en las partes vegetativas. Esta sólo puede explicarse por la menor masa foliar, consecuencia de la relación negativa existente entre cosecha y desarrollo vegetativo.

Más clara resulta la comparación de árboles de melocotonero aclarados y sin aclarar. Estos últimos producen mayor cantidad total de materia seca, pero ello se debe sólo a la presencia de los frutos, ya que el total de Ft acumulado en las partes vegetativas es mayor en los aclarados. Por tanto, en términos porcentuales, la acumulación de Ft en las partes vegetativas de los árboles aclarados es mayor (un 20%, aproximadamente), a pesar de tener frutos de mayor tamaño. Más todavía, el aumento del peso individual de los frutos puede compensar la reducción de su número, de modo que se hace compatible un elevado tamaño de éstos con una cosecha abundante y con la acumulación de reservas carbonadas en órganos vegetativos y raíces. A la vista de ello, la importancia del aclareo de frutos (y de su época de ejecución) como práctica agronómica es evidente.

Resulta claro, por tanto, que es el número de frutos y no su tamaño el que establece el reparto de Ft. A entender este aspecto contribuye la relación inversa demostrada entre el tamaño individual de los frutos y el porcentaje de materia seca acumulada, aunque en términos absolutos ésta aumente. Ello indica que, proporcionalmente, es mayor la cantidad de agua que llega al fruto que la cantidad de materia seca, lo que, a su vez, indica que las diferencias de tamaño entre frutos deben ser causadas por diferencias en las relaciones hídricas de éstos con la planta además de las relaciones fuente-sumidero entre sus órganos.

TABLA 4.4

Distribución de carbohidratos en el manzano. Influencia de la presencia del fruto

Organo	Distribución de carbohidratos (%)	
	Sin fruto	Con fruto
Hojas	26,8	10,0
Frutos	0,0	62,5
Ramas	53,7	22,5
Raíces	19,5	5,0
Superficie foliar (m ²)	4,90	3,42
Producción de biomasa (kg)	2,82	4,65

Fuente: Lenz, 1986.

El hecho de que el crecimiento del fruto dependa marcadamente del movimiento del agua hacia él, se demuestra claramente al comparar sus curvas de crecimiento en materia seca y fresca (ver Capítulo 7). El fruto acumula, lógicamente, materia seca, pero durante las fases de crecimiento activo, en particular la de crecimiento lineal, el aumento en peso fresco es mucho mayor que en peso seco. Por otra parte, los árboles aclarados son los que dan lugar a frutos de mayor tamaño pero son, a su vez, los que producen menos materia seca, en comparación con los no aclarados. Todo ello enfatiza la importancia de las relaciones hídricas como factor determinante del tamaño final del fruto. Pero este aspecto debe ser analizado con precaución ya que es la presencia de Ft en las células de los frutos la que reduce su potencial hídrico y, por tanto, la que aumenta su demanda por agua. De modo que si bien la determinación del tamaño final del fruto no sólo depende de la disponibilidad de Ft, su presencia es necesaria para el reclamo de agua.

Las raíces parecen ser los sumideros más débiles. De hecho el crecimiento radicular sólo se produce cuando cesa el desarrollo vegetativo (ver Capítulo 2) y los árboles altamente productivos suelen tener un sistema radicular poco desarrollado. Ello, sin embargo, no es general en todas las especies y así en el cerezo los frutos no poseen una capacidad sumidero muy elevada y su presencia no condiciona el desarrollo vegetativo ni radicular; en este caso el aclareo de frutos solo condiciona su tamaño final.

3.5. Relaciones entre fotosíntesis y cosecha

Lo expuesto hasta aquí es suficiente argumento para establecer la existencia de una relación directa entre disponibilidad de carbohidratos y cosecha. Sin embargo, a la hora de considerar si la fotosíntesis puede ser un factor limitante de esta última o no, debe distinguirse entre la tasa fotosintética, o CO_2 fijado por unidad de superficie foliar, y el total de carbono fijado, que tiene en cuenta también la superficie foliar y el tiempo de permanencia de las hojas en el árbol. De acuerdo con ello, la fotosíntesis puede limitar el desarrollo de los frutos y, por tanto, la cosecha, si durante la fase de crecimiento lineal de éstos hay una reducción severa de la superficie foliar del árbol por el ataque de insectos o de alguna enfermedad. De hecho, cuando experimentalmente se defolían árboles de mandarina, los frutos dejan de crecer; si la defoliación se practica durante la fase lineal del crecimiento el tamaño final que alcanzan es prácticamente el mismo que poseían en el momento de la defoliación; pero si se lleva a cabo durante la fase de división celular, la falta de disponibilidad de carbohidratos no sólo impide su crecimiento sino que provoca su abscisión (ver Capítulo 7). De todo ello se puede concluir que, para la mayor parte de los frutales, la capacidad fotosintética del árbol es más que suficiente para asegurar una cosecha abundante y la fotosíntesis puede convertirse en un factor limitante sólo en unos pocos casos de cosechas muy elevadas, con competencia muy acusada entre órganos y/o cuando se presentan fenómenos de estrés o defoliaciones importantes por razones diversas.

La importancia relativa de la fotosíntesis en la determinación de la cosecha es, por tanto, a través de su influencia sobre el número de frutos y sobre el tamaño de éstos. La dependencia del tamaño del fruto resulta obvia. El número de frutos viene determinado, generalmente, desde la cosecha anterior. En ésta última, el nivel de Ft debe ser suficiente para satisfacer el crecimiento del árbol y el de un elevado número de frutos, y asegurar, además, el desarrollo de un número suficiente de yemas florales y el almacenamiento de las reservas necesarias. Durante la primavera la disponibilidad de Ft es necesaria para un cuajado adecuado y aunque existen otros factores determinantes del mismo, un déficit en Ft siempre se traduce en una reducción del número de frutos cuajados.

En términos generales, por tanto, el potencial fotosintético en los frutales se halla bajo dos tipos de control (Fig. 4.2):

1. El medio ambiente, que afecta, directamente, a las reacciones físicas y bioquímicas e, indirectamente, al desarrollo morfológico de las hojas a través de su exposición a la luz.
2. La demanda de los sumideros.

Los árboles frutales rara vez alcanzan su potencial fotosintético (ver apt. 2), de modo que al considerar la cosecha y sus componentes, esto es, el número de frutos y su tamaño individual, la fotosíntesis debe ser considerada como uno más de entre los factores involucrados, pero probablemente no el más importante.

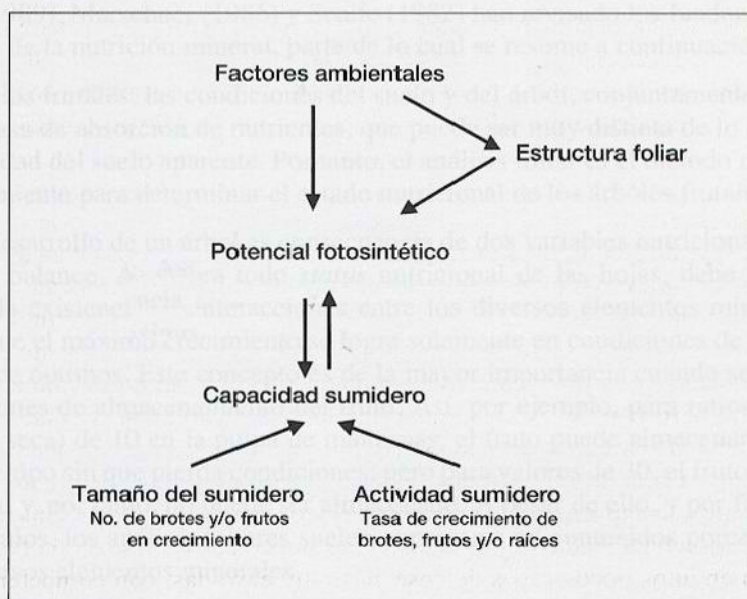


Figura 4.2. Factores determinantes de la fotosíntesis neta (Fuente: Faust, 1989).

4. Referencias bibliográficas

- Faust, M. 1989. *Physiology of temperate zone fruit trees*. Ed. John Wiley & Sons, Nueva York, EE.UU.
- Lakso, A.N. y Lenz, F. 1986. *The regulation of photosynthesis in fruit trees*. Symp. Proc. Publ. N.Y. State Agr. Exp. Sta., Geneva, Nueva York, EE.UU.
- Landsberg, J.J. 1980. *Opportunities for increasing crop yields*. R.G. Hard, F.V. Biscoe y C. Dennis (eds.). Ed. Pittman, Londres, UK, pp 161-180.
- Lenz, F. 1986. *The regulation of photosynthesis in fruit trees*. A.N. Lakso y F. Lenz (eds.). Symp. Proc. Publ. N.Y. State Agr. Exp. Sta., Geneva, Nueva York, EE.UU., pp 101-104.



CAPITULO 5

LA NUTRICION MINERAL DE LOS FRUTALES

1. Determinación del estado nutricional de los árboles frutales

La nutrición mineral es una de las vías más eficaces para influir sobre la productividad de los frutales. Los análisis de suelo determinan el estado nutricional de éste, pero en los árboles frutales ello es insuficiente. Para mejorar el cultivo es necesario conocer su estado nutricional. Del Rivero (1968), Atkinson *et al.* (1980), Faust (1989), Marschner (1986) y Scaife (1982) han revisado los fundamentos y la práctica de la nutrición mineral, parte de lo cual se resume a continuación.

En los frutales, las condiciones del suelo y del árbol, conjuntamente, determinan la tasa de absorción de nutrientes, que puede ser muy distinta de lo que la disponibilidad del suelo aparente. Por tanto, el análisis foliar es el método más exacto y conveniente para determinar el estado nutricional de los árboles frutales.

El desarrollo de un árbol es consecuencia de dos variables nutricionales, intensidad y balance. Así, para todo *status* nutricional de las hojas, debe tenerse en cuenta la existencia de interacciones entre los diversos elementos minerales, de modo que el máximo crecimiento se logra solamente en condiciones de intensidad y balance óptimos. Este concepto es de la mayor importancia cuando se aplica las condiciones de almacenamiento del fruto. Así, por ejemplo, para ratios N/Ca (en materia seca) de 10 en la pulpa de manzanas, el fruto puede almacenarse durante largo tiempo sin que pierda condiciones; pero para valores de 30, el fruto decae con facilidad y, por tanto, no puede ser almacenado. A pesar de ello, y por facilidad en los cálculos, los análisis foliares suelen expresarse en contenidos porcentuales de los diversos elementos minerales.

Las necesidades en elementos minerales por parte de los vegetales superiores varían en función del tipo de elemento. Así, la extracción que hacen del suelo

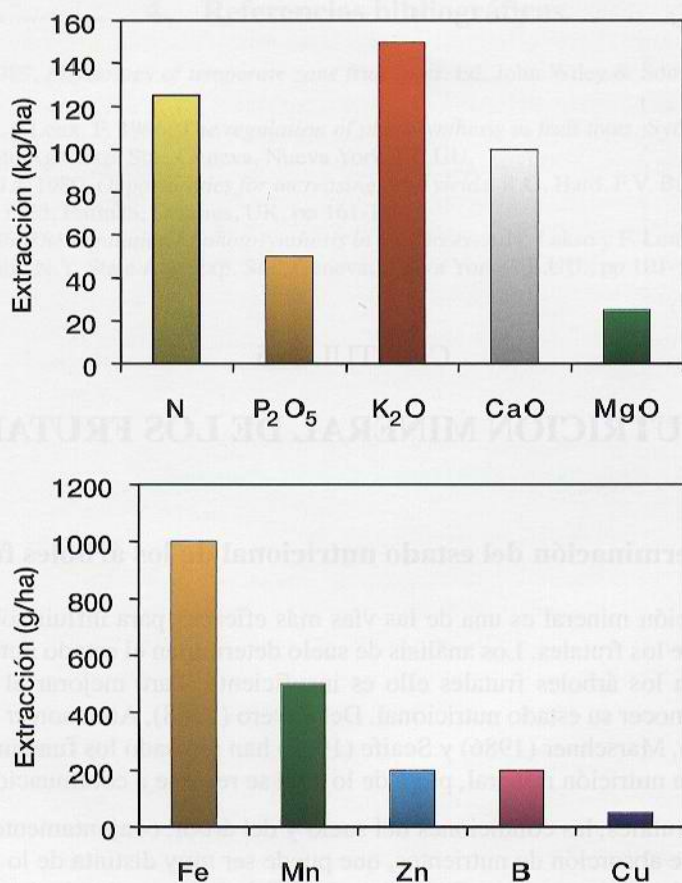


Figura 5.1. Extracción anual de elementos minerales por los árboles frutales.

(Fig. 5.1) es relativamente elevada para unos pocos elementos minerales, a los que se denomina *macronutrientes*, y muy baja para otros, a los que se denomina *micronutrientes*. Los primeros se extraen del suelo a razón de kg ha^{-1} y año, y son el N, P, K, Ca y Mg; los segundos son extraídos en g ha^{-1} y año, y entre ellos los más importantes son el Fe, Mn, Zn y Cu. Otros elementos, como el S, Mo y B son, asimismo, necesarios en pequeñas cantidades.

La composición mineral de las hojas varía con su edad y con la especie (y hasta con la variedad). Algunos elementos, como N, P y K, disminuyen; otros, como Ca y Mg, aumentan. Sin embargo, en todas las especies, caducifolias y perennifolias, existe una época, variable con ellas, en la que su contenido permanece aproximadamente constante (Figs. 5.2 y 5.3); ésta debe aprovecharse para realizar los análisis foliares.

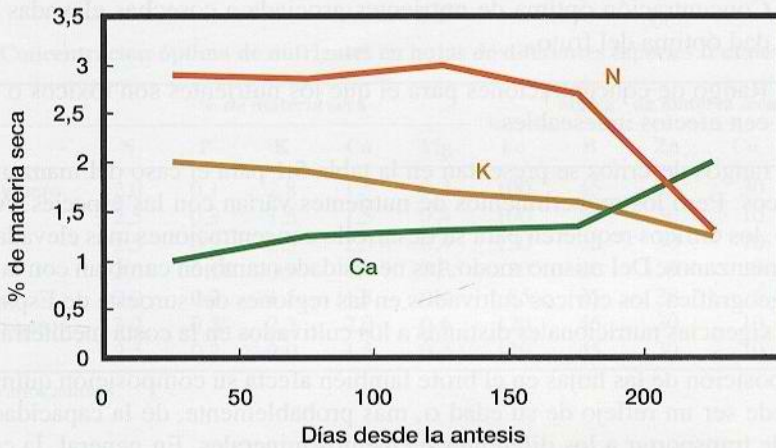


Figura 5.2. Evolución de la concentración foliar de nutrientes en los frutales de pepita.

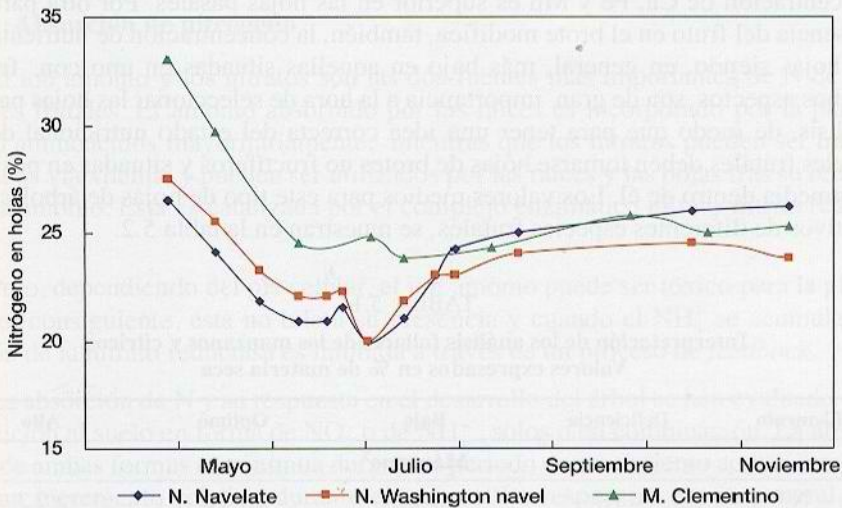


Figura 5.3. Evolución del nitrógeno foliar en los agrios (Fuente: Guardiola, J.L. y M. Agustí. 1984. El diagnóstico foliar en los agrios. Un análisis crítico. *Lev. Agríc.*, 249/50: 16-25).

La aplicación del análisis foliar a la nutrición y fertilización de los frutales, exige el establecimiento de los siguientes rangos de *status* nutricional:

- De carencia, para el que existe correspondencia entre concentración de elementos minerales y síntomas de deficiencia.
- De ausencia de síntomas de deficiencia, pero para el cual el árbol responde a la aplicación de nutrientes.

- c) Concentración óptima de nutrientes asociada a cosechas elevadas y calidad óptima del fruto.
- d) Rango de concentraciones para el que los nutrientes son tóxicos o producen efectos indeseables.

Los rangos descritos se presentan en la tabla 5.1 para el caso del manzano y de los cítricos. Pero los requerimientos de nutrientes varían con las especies. Así, por ejemplo, los cítricos requieren para su desarrollo concentraciones más elevadas de N que los manzanos. Del mismo modo, las necesidades también cambian con la localización geográfica; los cítricos cultivados en las regiones del suroeste de España presentan exigencias nutricionales distintas a los cultivados en la costa mediterránea.

La posición de las hojas en el brote también afecta su composición química, lo que puede ser un reflejo de su edad o, más probablemente, de la capacidad de la planta de transportar a los diferentes elementos minerales. En general, la concentración de Mg aumenta desde la base del brote a su ápice. En el caso del N y el K, este gradiente sólo se detecta en condiciones de deficiencia. Por el contrario, la concentración de Ca, Fe y Mn es superior en las hojas basales. Por otra parte, la presencia del fruto en el brote modifica, también, la concentración de nutrientes en las hojas siendo, en general, más bajo en aquellas situadas en uno con frutos. Ambos aspectos son de gran importancia a la hora de seleccionar las hojas para su análisis, de modo que para tener una idea correcta del estado nutricional de los árboles frutales deben tomarse hojas de brotes no fructíferos y situadas en posición intermedia dentro de él. Los valores medios para este tipo de hojas de árboles productivos de diferentes especies frutales, se muestran en la tabla 5.2.

TABLA 5.1
Interpretación de los análisis foliares de los manzanos y cítricos.
Valores expresados en % de materia seca

Elemento	Deficiencia	Bajo	Óptimo	Alto
Manzano^x				
N	< 1,7	1,8-2,0	2,1-2,2	> 2,3
P	< 0,11	0,15	0,22	—
K	< 0,8	0,9-1,5	1,5-2,0	> 2,1
Ca	< 1,0	1,0-1,4	1,5-1,8	—
Mg	< 0,15	0,25	0,35	> 0,40
Cítricos^y				
N	< 2,20	2,20-2,40	2,41-2,70	> 2,71
P	< 0,10	0,12-0,15	0,16-0,20	> 0,20
K	< 0,50	0,50-0,70	0,71-1,00	> 1,00
Ca	< 1,6	1,6-2,9	3,0-5,0	> 5,1
Mg	< 0,15	0,15-0,24	0,25-0,45	> 0,46

Fuente: ^xFaust, 1989 y ^yLegaz *et al.*, 1995.

TABLA 5.2

Concentración óptima de nutrientes en hojas de diferentes especies frutales

	% de materia seca					mg kg ⁻¹ de materia seca				
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	B	Zn	Cu	Mn
Albaricoquero	2,0	0,1	2,8	1,5	0,4	100	45	35	30	30
Cerezo	2,5	0,3	1,5	1,5	0,4	100	45	30	10	30
Ciruelo	2,5	0,2	2,5	2,5	0,4	120	35	30	10	50
Cítricos	2,6	0,16	0,9	4,0	0,35	80	60	50	10	45
Manzano	2,0	0,2	1,5	1,8	0,4	85	35	25	6	25
Melocotonero	3,2	0,3	2,3	2,0	0,6	120	45	30	10	80
Peral	2,5	0,2	2,0	1,5	0,4	120	45	30	10	60

Fuente: varios autores.

2. La utilización del nitrógeno por los frutales

2.1. Absorción de nitrógeno

El ion amonio y los nitratos son las dos fuentes más importantes de N de los árboles frutales. El amonio absorbido por las raíces es incorporado por la planta como aminoácidos mayoritariamente, mientras que los nitratos pueden ser transportados vía xilema, y pueden ser utilizados por las raíces y las hojas tras su reducción a amonio. Esta es catalizada por el complejo enzimático nitrato-nitrito reductasa.

Pero, dependiendo del pH celular, el ion amonio puede ser tóxico para la planta. Por consiguiente, ésta no tolera su presencia y cuando el NH_4^+ se acumula, la acción de la nitrato reductasa es inhibida a través de un proceso de *feedback*.

La absorción de N y su respuesta en el desarrollo del árbol se han evaluado con su adición al suelo en forma de NO_3^- o de NH_4^+ , solos o en combinación. La absorción de ambas formas es continua durante el periodo de crecimiento activo, aunque con un incremento relativo durante el verano. La respuesta es, en general, un incremento del desarrollo vegetativo cuando el aporte de N es en forma de NO_3^- , y un incremento de la floración cuando se aporta NH_4^+ .

El nitrógeno es ampliamente utilizado por las raíces, para lo que éstas requieren cantidades considerables de carbohidratos como fuente de energía. No es sorprendente, por tanto, que consigan una elevada eficiencia en su absorción en épocas de elevada producción de fotosintatos. Esta exigencia es particularmente elevada inmediatamente después de aplicar el N en forma de ion NH_4^+ , ya sea al suelo o por vía foliar. En el primer caso, las bacterias nitrificantes necesitan tiempo para oxidarlo a NO_3^- antes de ser absorbido, en el segundo es absorbido inmediatamente. Pero en ambos casos se exige una elevada actividad fotosintética o la dis-

ponibilidad de reservas para incorporar el NH_4^+ inmediatamente como aminoácidos y, más tarde, como proteínas. En la figura 5.4 se presenta un esquema de la implicación de la fotosíntesis en el metabolismo del N.

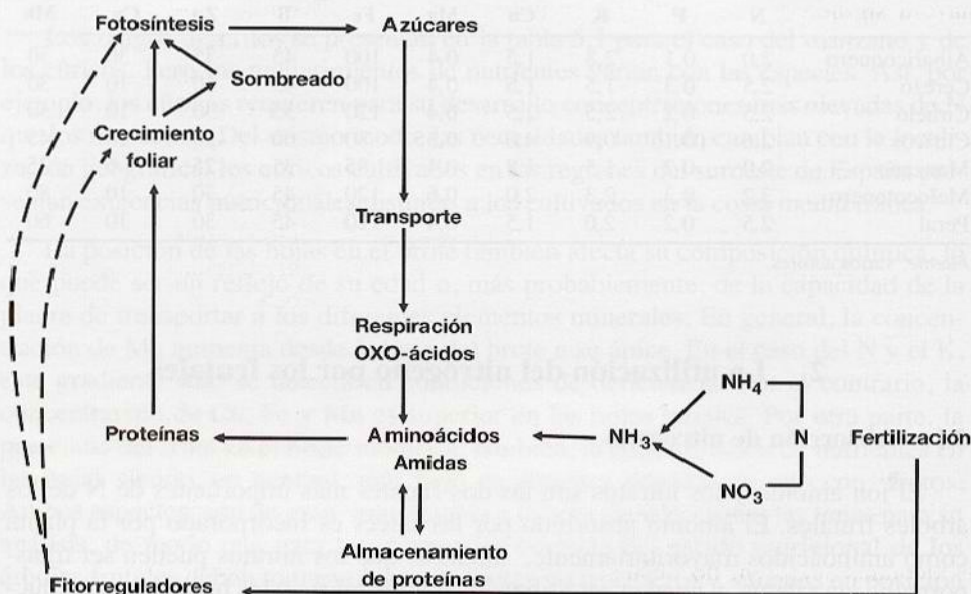


Figura 5.4. Esquema del proceso fisiológico de absorción y asimilación del N por los frutales (Fuente: Faust, 1989).

La necesidad de carbohidratos en la utilización del N es clara, pero la cantidad de ellos que se precisa no se conoce. No se ha asociado el incremento en N soluble con el *status* de carbohidratos del árbol, el tamaño de éste, la masa radicular o el estado del desarrollo o el cese de éste. El concepto que hoy se maneja es que el árbol produce cantidades suficientes de carbohidratos para garantizar la utilización del N y que su disponibilidad nunca es un factor limitante en la absorción de este elemento.

Dado que el sistema enzimático en la reducción de NO_3^- es el mismo en raíces y hojas, las mismas condiciones descritas para las primeras existen en las hojas cuando el nitrógeno se aplica a través de tratamientos foliares en forma de NO_3^- o de NH_4^+ . Este aspecto debe tenerse en cuenta a la hora de formular los tratamientos foliares.

2.2. Utilización del nitrógeno de reserva en los frutales

La absorción de N por los frutales no se inicia hasta que no ha empezado la brotación de primavera. Hasta entonces, por tanto, el árbol utiliza el N acumulado

en sus reservas. La importancia del N de reserva en el crecimiento vegetativo, y su extensión, y en el cuajado, se ha demostrado en manzanos, melocotoneros y perales. Por tanto, su adición en etapas avanzadas del ciclo vegetativo se presenta como una técnica adecuada para aumentar estas reservas de cara a la brotación de la primavera siguiente. Pero presenta, también, algunas restricciones (ver Capítulo 4, apt. 2.4), como el sombreado derivado de una mayor brotación, el establecimiento, por parte de ésta, de una competencia extra con las raíces por los carbohidratos, el retraso en la coloración de los frutos (manzanos y cítricos) y el debilitamiento de los brotes vegetativos, que crecen demasiado rápido y apenas disponen de tiempo para su maduración y endurecimiento. Un mayor retraso en su aplicación, hasta después de que el crecimiento vegetativo haya cesado, puede satisfacer las exigencias en la acumulación de N de reserva para el siguiente ciclo sin que se presenten los efectos negativos citados. Pero en este caso la absorción radicular puede verse disminuida o retrasada hasta su ineficiencia, por lo que deben utilizarse aplicaciones foliares.

Las primeras exigencias en N tras el inicio de la brotación, son cubiertas por la movilización de aminoácidos presentes en los tejidos latentes que, a su vez, proceden de la hidrólisis de proteínas. La existencia de una endopeptidasa en los tejidos de los ramos de madera en reposo del manzano apoya esta hipótesis, ya que la activación de este enzima es responsable de la rápida metabolización de las proteínas almacenadas que acompaña a la rotura de la latencia de las yemas. Los conocimientos actuales sugieren, no obstante, que antes de su hidrólisis las proteínas deben sufrir algunas modificaciones, lo que exige la existencia de un complejo multienzimático. Pero el papel de las propias yemas en el proceso no se conoce. En efecto, la posibilidad de que éstas ejerzan un control hormonal, como se ha sugerido, no parece clara, ya que el inicio de la hidrólisis proteica puede marcar el final de la latencia invernal, y la señal que la induce puede estar conectada con factores responsables de la misma latencia más que con procesos activos de la propia yema.

2.3. Respuesta de los frutales a la aplicación de nitrógeno

Las respuestas de los árboles frutales a las aplicaciones de N pueden clasificarse en tres grupos: *a)* respuestas vegetativas y en la floración, *b)* fructificación, y *c)* modificaciones de las características del fruto. En el manzano, la aplicación de N promueve el crecimiento vegetativo en proporción directa a la concentración de aquél, hasta un determinado valor a partir del cual el crecimiento es máximo. Por el contrario, la deficiencia en N provoca un amarillamiento general de las hojas (Foto 5.1A) y restringe el crecimiento, que se manifiesta por una disminución de la relación copa/raíz, un descenso de la circunferencia del tronco y una menor ramificación y altura del árbol. Resultados similares se han observado en el cerezo y en el melocotonero.

La fertilización nitrogenada estimula la formación de flores en algunos frutales. Así, en el manzano el N estimula la floración a partir de yemas apicales y late-



Foto 5.1. Deficiencia de nitrógeno, A), en el pomelo; de magnesio, B), en el naranjo; de hierro en el melocotonero, C), y el níscero, D), y de zinc y manganeso, conjuntamente, E), en el naranjo.

rales y reduce la tendencia a la alternancia. La aplicación de N anticipa la brotación y el desarrollo de las hojas que, además, acaban siendo más grandes; la anticipación de la actividad fotosintética que ello comporta debe ser responsable del incremento en el número de yemas que inician la floración. Este efecto del N sobre el desarrollo de las yemas de flor también se ha demostrado en el ciruelo y una correlación positiva entre la concentración de NH_4^+ y la intensidad de floración ha sido señalada en los cítricos. Pero dado que la disponibilidad por N es muy amplia en los frutales, es muy poco probable que su papel en la floración sea nutricional. Según Marschner (1986), la aplicación de NH_4^+ puede actuar a través de un incremento en la producción de hormonas (Fig. 5.4) o de una ralentización temporal del crecimiento; ambos efectos pueden incrementar el desarrollo de yemas de flor. La posibilidad de que el NH_4^+ provoque cambios hormonales viene avalado por el mayor contenido en citoquininas encontrado en el xilema de los árboles de manzano fertilizados con sales de amonio.

En los árboles jóvenes, la presencia de N tiene efectos opuestos. En las plantas, en general, el N es el elemento más influyente en la síntesis hormonal; pero este efecto es indirecto a través de su acción sobre el desarrollo de ápices y hojas en expansión, órganos más activos en la síntesis de giberelinas; además, independientemente de ello, cantidades elevadas de N promueven la síntesis de citoquininas en las raíces, y su transporte a la copa mantiene un crecimiento activo de aquellos. Este efecto se ratifica al estudiar los efectos de la poda en combinación con la fertilización nitrogenada, sobre los árboles jóvenes de manzano y peral; la poda provoca la brotación de nuevas yemas y, por tanto, produce gran cantidad de lugares de síntesis de giberelinas que, además, se mantienen activos durante más tiempo

por acción del N. Dado que las giberelinas son inhibidoras de la floración, el resultado es que en árboles jóvenes de estas especies la fertilización nitrogenada en combinación con la poda retrasa, marcadamente, la floración.

En el melocotonero el efecto del N sobre la floración es diferente. En esta especie los árboles han de adquirir una cierta tasa de crecimiento para florecer y deben ser fertilizados con N y podados para alcanzarla. En esta especie, el efecto combinado del N y la poda sobre la floración no puede ser fácilmente explicado en términos de cambios hormonales.

El N absorbido por las hojas durante su senescencia es altamente móvil por el árbol, aunque con una marcada dependencia térmica. Si la temperatura es tal que la senescencia de las hojas es lenta, la mayor parte del N que éstas contienen es trasladado. Sin embargo, la aplicación de N bien entrado el otoño todavía incrementa la tasa fotosintética, y las hojas permanecen verdes durante bastante tiempo. Con ello aumenta la probabilidad de que sean dañadas por el frío antes de transportar el N a otras partes del árbol.

3. La utilización de macronutrientes por los árboles frutales

3.1. Calcio

El calcio es, probablemente, el elemento mineral más importante en la determinación de la calidad de los frutos. Ello es especialmente notable en las manzanas y peras que se almacenan durante largo tiempo y en las que el efecto del Ca en el mantenimiento de su calidad no puede ser sustituido por ningún otro factor; en otros frutos su importancia radica en el retraso de la coloración que provoca. Los frutos con un buen contenido en Ca pueden ser transportados mejor y se mantienen en mejores condiciones durante más tiempo. La concentración de Ca en los tejidos del fruto para la que se obtienen dichos efectos deseables es, generalmente, superior a la que naturalmente adquiere el fruto, por lo que para conseguirlo es necesario controlar o mejorar todos los factores determinantes de la absorción y transporte de Ca. Los principios de su nutrición son, por tanto, complicados ya que no sólo debe ser absorbido, sino que necesita ser transportado hasta el fruto, lo que requiere de técnicas diferentes a las de la fertilización tradicional.

El Ca aplicado al suelo penetra muy lentamente en éste y, por tanto, para que sea eficaz debe ser aplicado antes de realizar la plantación y mezclado con la tierra con un laboreo. El Ca aplicado después de plantar puede permanecer en superficie durante toda la vida de la plantación.

Es difícil definir el **papel** del Ca en la **nutrición** de los frutales; de hecho sólo unos pocos de los efectos del Ca han sido demostrados en ellos o en sus frutos. Por otra parte, mientras su concentración foliar es relativamente elevada, a nivel celular actúa como un micronutriente. El Ca ejerce sus acciones biológica y bioquímica.

ca tanto en el apoplasto como en el citoplasma, pero las concentraciones a las que actúa son marcadamente diferentes en uno u otro. Las concentraciones efectivas de Ca^{++} son 1-5 mM en el apoplasto y 0,1-1 μM en el citosol.

Su papel en el apoplasto es de unión en el complejo de polisacáridos y proteínas que forman la pared celular; aproximadamente el 60% del total del Ca^{++} en los vegetales se halla asociado a las paredes celulares. Por otra parte, las reacciones del Ca^{++} en la cara externa del plasmalema son de gran importancia, y así en tejidos con un bajo contenido, las células pierden agua. Este efecto, sin embargo, puede ser prevenido con la adición de concentraciones de Ca^{++} del orden mM.

En el manzano, las paredes celulares del fruto son, también, los lugares de mayor deposición de Ca^{++} . Su incremento mediante infiltraciones preserva la firmeza del fruto y lo protege del ataque de microorganismos que penetran aprovechando la degradación de las pectinas.

Por contra, no existe evidencia de ningún cambio en hojas y ramas producido por la adición de Ca^{++} . En condiciones de campo no se han señalado, en ningún caso, deficiencias foliares de Ca. Aparentemente, los árboles frutales en cultivo poseen suficiente cantidad para atender la formación de las paredes celulares de los diferentes órganos y tejidos.

El papel más importante del calcio en el citosol es la regulación de la actividad respiratoria. Esta se halla inversamente relacionada con la concentración de Ca^{++} , de modo que los frutos con un bajo contenido poseen una elevada tasa respiratoria, y ello reduce sus posibilidades de almacenamiento, particularmente el tiempo. Además, la producción de etileno en los frutos climatéricos también está inversamente relacionada con la concentración de calcio. En estos frutos, la maduración viene determinada por la producción de CO_2 y etileno, el reblandecimiento de tejidos y la desorganización celular. El papel del Ca^{++} en la prevención de la desorganización celular también ha sido demostrado. Por tanto, el calcio ejerce su acción sobre un proceso tan complejo como la maduración actuando en el control de todos los niveles que la componen.

La **absorción** de Ca se produce en las zonas radiculares próximas a su ápice. El movimiento del Ca^{++} desde el cortex al cilindro central se realiza vía apoplasto, sólo accesible en las raíces, o porciones de éstas, no suberificadas. Aunque el movimiento apoplástico se considera pasivo, en el manzano se ha demostrado que la absorción de Ca requiere de cantidades considerables de fotosintatos. Es posible que los carbohidratos en este proceso se requieran para asegurar el crecimiento de las raíces más que para proveer de energía al proceso de absorción. De este modo, aquellas dispondrían de zonas no suberificadas para la absorción de Ca y ésta sería pasiva, como corresponde al proceso.

El **transporte** del Ca por la planta también es un proceso pasivo. Su translocación por el xilema es consecuencia de la corriente de transpiración. Pero existen

algunos aspectos relevantes en este proceso. Así, el Ca se transporta preferentemente hacia los ápices caulinares, a pesar de que la tasa de transpiración de las hojas jóvenes es mucho menor que la de las hojas viejas. Esta preferencia es inducida por el ácido indolacético (AIA) que se sintetiza en los ápices, de modo que durante el crecimiento de éste la auxina estimula, en la zona de elongación, la formación de una bomba de protones capaz de intercambiar cationes, convirtiéndose en un punto de acumulación de Ca^{++} . Este aspecto resulta importante por el efecto que puede derivarse sobre la calidad de los frutos. En efecto: 1) el transporte de Ca al fruto descende en la época en que se reduce en él la síntesis de AIA, y 2) en la época de crecimiento vegetativo más intenso (verano, en los frutales de hueso y pepita), el Ca es transportado a los puntos de máximo crecimiento eludiendo a los frutos, lo que limita su acumulación en ellos a los periodos anteriores a los de mayor crecimiento; por tanto, debe controlarse el crecimiento vegetativo si se quiere favorecer la acumulación de Ca en los frutos.

El movimiento basípeto del Ca es muy escaso debido a que su transporte vía floema es muy reducido en todas las plantas, en general. Por tanto, cuando se pretende aumentar el contenido en Ca de los frutos mediante la aplicación foliar de sus sales, los tratamientos han de ir dirigidos a ellos, ya que el Ca aplicado en las hojas difícilmente es transportado al fruto ni a ninguna otra parte de la planta.

La **deficiencia** en Ca da lugar a hojas deformadas y cloróticas, así como a tejidos blandos debido al desarrollo insuficiente de las paredes celulares. También se ha observado la aparición de zonas marrones en los espacios intercelulares y en los tejidos vasculares. En los frutos, se han señalado diversas alteraciones que pueden ser prevenidas con la aplicación de Ca, a pesar de lo cual no todas se desarrollan en condiciones de deficiencia en Ca y, por tanto, no pueden clasificarse como originadas por ella. Su origen es múltiple y muchas de las causas no se conocen. Si éstas están presentes y la concentración de Ca en los tejidos del fruto es baja, las alteraciones se producen, pero si las causas no se presentan la alteración tampoco se manifiesta, con independencia de la concentración de Ca. Aunque el Ca previene su aparición, la mayor parte de ellas puede evitarse, también, con otras técnicas. Entre estas alteraciones pueden citarse el *watercore* y *bitter pit* de las manzanas, el *cork spot* de manzanas y peras, el *splitting* y *cold pitting* de los cítricos, el *cracking* de las cerezas, etc.

3.2. Potasio

El potasio es un macronutriente que debe ser repuesto en cantidades relativamente altas para satisfacer las necesidades de la planta, en general, y del fruto, en particular. La concentración requerida de K^+ como activador enzimático no explica por sí misma la cuantía de la demanda. Sin embargo, su papel en la síntesis proteica y como osmótico del *status* hídrico celular, las dos funciones básicas en los frutales, justifican su condición de macronutriente.

El requerimiento de K^+ por los frutales es en cuantía semejante al de N y Ca. En general, concentraciones entre 1,5% y 2,8% de materia seca se consideran adecuadas para la mayor parte de los frutales; la excepción más notable son los cítricos para los que el contenido óptimo en K se sitúa en 0,7%-1,0% de materia seca.

La **absorción** del K^+ se lleva a cabo fácilmente por las raíces dado que se encuentra ligado al complejo de cambio del suelo en forma de ion K^+ . La fracción que se halla formando parte de minerales sufre un proceso de liberación lenta antes de pasar a formas asimilables. La erosión, el lavado y la fijación en arcillas, pueden provocar la pérdida de potasio.

Con relación al desarrollo vegetativo, la absorción de K^+ es independiente de la HR y de la luz. La planta lo absorbe proporcionalmente a la demanda ejercida por el crecimiento de los brotes. Pero en los programas de fertilización debe tenerse en cuenta, también, la presencia del fruto, cuya demanda es, en general, elevada.

El K^+ es el catión más abundante en el citoplasma de las células. Su **papel** es muy importante en la estabilización del pH, osmorregulación, como activador enzimático, en la síntesis proteica, movimiento estomático, fotosíntesis y expansión celular.

En el manzano y otras especies, bajos contenidos en K se han relacionado con una transpiración deficiente. La razón es la exigencia por él de las células oclusivas de los estomas para mantenerse abiertos, hasta el punto de que la deficiencia en este elemento puede provocar su cierre (ver Capítulo 4, apt. 2.2).

El K^+ es un importante soluto en la expansión celular y, además, el crecimiento en expansión de los tejidos es muy sensible a las deficiencias de K. La expansión celular envuelve la formación de una gran vacuola central que, especialmente en los frutos, puede ocupar el 90% o más del volumen de las células. Actualmente se acepta que la expansión celular es consecuencia de la acumulación de K^+ en las células y en la vacuola. Si el K^+ actúa separadamente en este proceso o complementariamente con la sacarosa o el sorbitol, compuestos osmóticamente activos más abundantes en los frutos, no se conoce.

En árboles productivos de manzano y ciruelo se ha demostrado que la materia seca y el K^+ se acumulan en los frutos, mientras que en los árboles sin fruto lo hacen en las hojas. Pero las cantidades totales son las mismas en ambos tipos de árboles. Es decir, la capacidad sumidero de los frutos es la misma para carbohidratos que para K^+ . Este comportamiento contrasta con el del Ca, cuyo transporte al fruto es prácticamente nulo; el N tiene a este respecto un comportamiento intermedio, así como el P y el Mg, como se verá más adelante. Una demostración indirecta de este comportamiento son los síntomas de deficiencia foliar que muestran ciruelos y melocotoneros cuando poseen una elevada cosecha; en estos casos los frutos compiten con las hojas por este elemento y lo acumulan con preferencia a éstas. La cuantía de la cosecha, por tanto, debe tenerse en cuenta en la interpretación de los contenidos foliares de K^+ .

En la mayor parte de las especies frutales, los síntomas de **deficiencia** en K^+ se manifiestan por quemaduras en las hojas. Inicialmente éstas pierden su color verde característico, después muestran una apariencia húmeda y finalmente desarrollan zonas necróticas que avanzan desde el borde hacia el interior del limbo. En los frutales, concentraciones foliares del 1% no manifiestan síntomas de deficiencia en las hojas, pero el desarrollo vegetativo se reduce, dando lugar a ramas más cortas, árboles más pequeños y de diámetro de tronco más reducido, y los frutos no adquieren su coloración normal. Los síntomas de deficiencia son visibles solamente cuando la concentración es inferior a 0,7%. En los cítricos, concentraciones foliares inferiores al 0,5% reducen, también, el vigor vegetativo, las hojas se enrollan y arrugan, son pequeñas, débiles y caen con facilidad, pero no presentan quemaduras; los frutos son pequeños, con la corteza fina y lisa, y tienden a colorear prematuramente.

Finalmente, se ha demostrado una correlación positiva entre la concentración foliar de K^+ y el contenido en materia seca y la concentración de ácidos libres en el fruto.

3.3. Fósforo

En las células vegetales, el fósforo se encuentra como fosfato inorgánico, esterificado a cadenas carbonadas, o se une formando pirofosfato a través de un enlace ricoenergético. Su **papel** es múltiple, actuando como elemento estructural en el ARN y ADN, en los fosfolípidos de las membranas, en el ATP, en la síntesis de éste, de azúcares y de alcoholes, y en el control de la velocidad de diversas reacciones.

La **absorción** de P por las raíces de manzano se produce cuando su concentración en la solución del suelo es superior a $0,25 \mu M$; en los cítricos se produce para concentraciones entre 20 y 50 ppm (método Olsen).

Como para otros elementos minerales, cuando las especies caducifolias inician la brotación de primavera exigen de elementos minerales que la planta no puede absorber hasta que no se haya desarrollado vegetativamente; en esas condiciones deben redistribuir sus contenidos minerales para atender la demanda. En el caso del P, aproximadamente el 14% es retransportado en primavera desde diferentes órganos de la planta.

Las labores del suelo modifican la absorción de P. En los suelos desnudos en régimen de no laboreo, la longitud de las raíces suele ser insuficiente para absorber el P necesario para atender la demanda de los frutos. Las micorrizas vesiculares arbusculares (VAM), hongos de simbiosis obligada, aumentan la absorción de P de los árboles frutales, lo que redunda en un incremento de su crecimiento.

El fruto, en general, absorbe cantidades suficientes de P a partir del fluido xilemático. El hecho de que se hayan encontrado mayores cantidades de P en el xilema de manzanos sin fruto que en el de los árboles con elevada cosecha, es una demos-

tración indirecta de ello, sobre todo si se tiene en cuenta que el contenido foliar en P de las hojas de ambos tipos de árboles fue la misma.

La mayor acumulación de P en los frutales se produce durante los meses de julio y agosto. En el manzano la evolución en el contenido en P del fruto es proporcional a su crecimiento, y perdura hasta la recolección. Al mismo tiempo, existe una estrecha correlación entre su contenido en las hojas y en el fruto.

Los síntomas de **deficiencia** en fósforo de las partes vegetativas nunca se han observado en condiciones de campo y solamente en los cítricos se ha señalado una reducción de la floración en árboles deficientes. En los frutos de manzano, peral, melocotonero, ciruelo, cerezo y cítricos, la deficiencia en P reduce su firmeza; en estos últimos, además, su calidad disminuye (corteza rugosa) y los segmentos se separan por la zona central, que queda hueca. La corrección de su carencia no es fácil, dada la relación entre N y P en el suelo. Así, fertilizaciones elevadas de P tienden a acentuar la deficiencia en N y solamente cuando este elemento es abundante se observan respuestas a la fertilización fosfórica. Los cerezos y los cítricos son las especies que presentan una menor respuesta, mientras que los melocotoneros parecen ser los más sensibles.

3.4. Magnesio

El **papel** del Mg en los frutales no es diferente del de otras especies. Alrededor del 70% del Mg de los tejidos vegetales se transporta por la planta y está asociado con aniones inorgánicos y de ácidos orgánicos tales como malato y citrato. Entre el 10% y el 20% del Mg se encuentra en los cloroplastos, la mitad, aproximadamente, formando parte de las moléculas de clorofila y la otra mitad como activador de la ribulosa 1,5-difosfato carboxilasa. El Mg también tiene un papel decisivo en la unión de las subunidades ribosómicas. En su deficiencia las subunidades se disocian y la síntesis proteica se detiene. Finalmente, el Mg juega un importante papel en el metabolismo de transferencia energética ligado al ATP, ya que el sustrato para la mayoría de las ATPasas es Mg-ATP.

El magnesio se encuentra en el suelo como Mg^{++} y puede ser absorbido como tal directamente por las raíces. Pero su **absorción** desde el suelo se halla en estrecho antagonismo con el K, hasta el punto de que la fertilización potásica puede inducir, o agravar, la deficiencia en Mg. Su corrección se efectúa, generalmente, fertilizando el suelo o mediante aplicaciones foliares de nitrato magnésico.

La **deficiencia** en Mg causa clorosis internervial en las hojas, muy evidente en el ápice y apenas acusada en la base (Foto 5.1B), y solamente en los casos extremos produce su necrosis. Los síntomas aparecen inicialmente en las hojas viejas, ya que dada su movilidad es transportado desde ellas hasta las hojas jóvenes cuando se inicia la brotación. La gravedad de los síntomas puede variar ampliamente, afectando a unas pocas ramas o a todo el árbol que puede, inclusive, defoliarse. Los

daños más graves se producen en árboles con elevada cosecha. El tamaño del árbol, sin embargo, no parece verse afectado, en general, por la deficiencia en Mg.

En condiciones de deficiencia, el almidón tiende a acumularse ya que su hidrólisis, la síntesis de sacarosa y su carga en el floema requieren energía y ésta se halla ligada a la actividad ATPásica, que depende del Mg como se ha dicho más arriba. En estas condiciones no hay partición de fotosintatos, éstos no llegan al fruto y su tamaño se ve reducido. A ello contribuye, en los casos graves, la defoliación que limita la actividad fotosintética global de la planta.

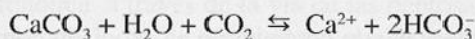
4. La utilización de micronutrientes por los árboles frutales

4.1. Hierro

El **papel** del hierro en los vegetales deriva de su capacidad de cambiar de valencia, con lo que facilita el transporte de electrones en los sistemas redox, de los que es un componente esencial. Las proteínas Fe-S y los citocromos, presentes en mitocondrias y cloroplastos, son los más importantes. Forma parte, también, de los enzimas catalasa, que facilitan la conversión de H_2O_2 en agua y O_2 , peroxidasa, que convierten el H_2O_2 en H_2O y H_2 , y aconitasa, que cataliza la isomerización de citrato en isocitrato. Finalmente, es parte estructural de la ferredoxina, un aceptor-donor de e^- en la fotosíntesis, y en la reducción de nitratos.

En el suelo la forma primaria del hierro es como Fe^{3+} , pero su **absorción** por las plantas es, generalmente, como Fe^{2+} , de modo que los árboles deben ejercer una doble acción, primero solubilizando el Fe como Fe^{3+} y después reduciéndolo a Fe^{2+} para ser absorbido por las raíces. El modo más probable con el que los frutales solubilizan el Fe en su rizosfera es a través del ion orgánico malato. Los manzanos, por ejemplo, producen gran cantidad de ácido málico que se difunde al exterior y alcanza la rizosfera. El lugar exacto donde tiene lugar la reducción del Fe^{3+} no se conoce, si bien el plasmalema de las células de la rizodermis parece el más probable. Si éstas se dañan, la reducción de Fe^{3+} a Fe^{2+} disminuye drásticamente.

La presencia de suelos calcáreos dificulta seriamente la absorción del Fe por los frutales. El ion bicarbonato, que se forma en este tipo de suelos, es el factor más importante asociado a su falta de disponibilidad. Cuando los suelos están secos es muy rara la presencia de bicarbonatos, ya que su presencia depende de la presión de CO_2 en el suelo y de la hidrólisis de CaCO_3 , que requiere de agua, según la reacción:



La presencia de CaCO_3 es menos importante que su hidrólisis y, por tanto, las condiciones del suelo para formar HCO_3^- . El mecanismo por el cual el anión orgánico HCO_3^- induce la clorosis no es conocido.

Alrededor del 80% del Fe se encuentra en las hojas, localizado en los cloroplastos. La síntesis de clorofilas en ausencia de este elemento se ve seriamente reducida debido a la reducción de la síntesis proteica. Su **deficiencia**, por tanto, provoca clorosis internervial con diferentes grados de intensidad, y con los nervios principales y secundarios casi siempre verdes y visibles (Foto 5.1C y D). El resultado obvio de sus efectos es la reducción de la fotosíntesis en las hojas afectadas.

La aportación de Fe a suelos calcáreos para reducir las deficiencias, ha sido objeto de sucesivos estudios. Durante los años 50, se practicaba la inyección de sulfato ferroso, a concentraciones del 1-2%, directamente al tronco, con resultados relativamente positivos en manzanos, cerezos, perales y ciruelos. Posteriormente se utilizaron los quelatos de Fe; el Fe-EDTA se utilizó en suelos ácidos con resultados razonables, pero es incapaz de resolver el problema en suelos calcáreos; en pH elevados el Fe-EDDHA es mucho más estable, pero también pierde su eficacia con el tiempo. Actualmente se utiliza éste y otros quelatos, con índices de quelación del orden de 10:1 con buenos resultados.

4.2. Cinc

El Zn en las plantas ni se oxida ni se reduce; su **papel** en los frutales se deriva, por tanto, de su carácter divalente. Actúa tanto como metal componente de la estructura de los enzimas, como cofactor de un gran número de ellos. De entre los enzimas que contienen Zn en su estructura, los más importantes son alcohol deshidrogenasa, superóxido dismutasa y ARN polimerasa. Como cofactor, activa a este último enzima, por lo que participa en la síntesis proteica. Cantidades insuficientes de Zn reducen drásticamente la síntesis de proteínas y provocan la acumulación de aminoácidos y amidas.

La **absorción** de cinc tiene lugar, predominantemente, como catión divalente Zn^{++} a niveles bajos de pH; como catión monovalente, $ZnOH^+$, lo hace a pH elevados. Cantidades elevadas de otros cationes, como el Ca^{++} , inhiben su absorción.

La **deficiencia** en Zn se caracteriza por la reducción del tamaño de las hojas y la aparición en ellas de manchas cloróticas internerviales, de pequeño tamaño y muy numerosas (Fotg. 5.1E). Cuando es muy acusada, aparecen gran cantidad de hojas de pequeño tamaño, deformadas, estrechas y unidas todas ellas en roseta.

El efecto sobre el tamaño de las hojas se ha asociado con una reducción en el contenido en auxinas de los ápices de los brotes. Aparentemente el Zn interviene en la síntesis de triptófano, un aminoácido precursor de la síntesis de AIA. El nivel de triptófano en las hojas de plantas deficientes en Zn es bajo, y aumenta cuando se corrige la deficiencia.

La aplicación foliar de ZnSO_4 , a una concentración del 0,15%-0,20%, en primavera, corrige la deficiencia. Su adición al suelo en cantidades de 100 Kg/ha, también resulta eficaz.

4.3. Manganeso

El **papel** del manganeso en los vegetales es, preponderantemente, estructural. Forma parte de metaloproteínas, en las que actúa como punto de unión activa o como sistema redox. También se encuentra formando enzimas, siendo la más importante la superóxido dismutasa, que protege a los tejidos del efecto deletéreo de los radicales libres (superóxidos) formando H_2O_2 y O_2 .

En suelos ácidos o ligeramente ácidos, el manganeso se encuentra en forma soluble e intercambiable, como Mn^{++} , y su **absorción** tiene lugar como tal desde la solución acuosa. Pero a pHs alcalinos se convierte en Mn^{3+} y Mn^{4+} , insolubles y difícilmente asimilables. Los pH ligeramente ácidos son, por tanto, los más adecuados. Dado que estas condiciones son similares a las que exige el zinc para su absorción, no es extraño observar la deficiencia conjunta de ambos elementos minerales (Foto 5.1E).

La manifestación típica de la **deficiencia** en Mn es la presencia de manchas cloróticas entre los nervios. Aparecen en las hojas viejas bien avanzada la primavera, en los cítricos, y a mediados de verano, en los frutales de hueso y pepita. En caso de deficiencia severa, pierden color y se caen.

La deficiencia en Mn puede ser corregida con la aplicación foliar de MnSO_4 , a concentraciones del 0,3 - 0,4% en los frutales, y del 0,2% en los cítricos, durante la primavera. Su adición al suelo también resulta eficaz.

Su toxicidad se manifiesta con clorosis foliar, abscisión precoz de hojas, reducción de la floración, escaso crecimiento y necrosis interna de la madera. De este último efecto no se conoce su naturaleza.

4.4. Boro

El **papel** del boro en los vegetales es como estabilizador de las paredes celulares, en las que forma complejos cis-borato éster. Asimismo, un elevado número de derivados de los azúcares (manitol, ácido cafeico, ácido ferúlico, ...) forman boratos estables. El boro también forma 6-P-gluconato-borato, un complejo estable que restringe la síntesis fenólica a través de la vía de las pentosas. Esta puede ser bloqueada por un incremento de la glicolisis como consecuencia de la presencia de elevadas cantidades de B; en estas condiciones, la síntesis de celulosa en las paredes celulares aumenta. Este aspecto puede ser interesante ya que elevadas cantidades de B aceleran la maduración de los frutos climatéricos, una actividad asociada con la respiración.

En manzanos, perales, cerezos y, en algunos casos, en los cítricos, la presencia de B se relaciona con el cuajado; cuando su contenido es insuficiente, las flores se marchitan, mueren, pero persisten en el árbol. Este fenómeno se conoce como *corrimiento de la flor*. El B que necesitan las flores lo obtienen de las reservas acumuladas en el ciclo vegetativo anterior; este B procede, vía xilema, de las ramas próximas y no de las raíces. La aplicación de B por vía foliar al final de aquél o al inicio de la primavera, antes de la antesis, puede resolver el problema. El papel del B en este proceso parece estar relacionado con un estímulo de la división celular o de la síntesis de ácidos nucleicos.

La **absorción** de boro se produce, mayoritariamente, como ácido bórico. Para ello necesita suelos ligeramente ácidos; a $\text{pH} > 8$ la presencia de ácido bórico es escasa ya que acepta OH^- en lugar de ceder H^+ .

Los síntomas de **deficiencia** en B se presentan primero en los brotes y luego en los frutos. Las manzanas deficientes son más planas, presentan necrosis internas, zonas amarronadas e irregulares por el corazón, áreas secas y duras. Si la deficiencia aparece muy pronto, se forman áreas húmedas sobre la superficie de la corteza que, después, se secan y se abren. En las peras se presentan zonas marrones cercanas a la superficie de la corteza que, además, se deprime. En el albaricoque aparecen zonas marrones internas próximas al hueso. Los ciruelos maduran antes, se deforman y pueden caer antes de la recolección. En los cítricos no se han registrado síntomas específicos de carencia en los frutos.

En los casos más graves, las hojas presentan nervios amarillos y rojos, las brotaciones pueden secarse al final del verano y hasta pueden aparecer áreas muertas en las ramas. En los cítricos y otros frutales también es frecuente encontrar entrenudos muy cortos, formación de rosetas de hojas y áreas con una proliferación excesiva de yemas. La adición de ácido bórico o bórax al suelo, a razón de 100-200 g por árbol, corrige la carencia. Pulverizaciones de dichos productos, a concentraciones del 0,12%, también resultan eficaces.

Más peligroso resulta su **toxicidad**, producida en muchos casos por las aguas de riego. Concentraciones superiores a 1,5 ppm en ellas pueden producir toxicidad. En manzanas, ésta se caracteriza por una anticipación de la maduración, caída prematura de frutos y acortamiento de la vida post-cosecha. En el cerezo se asocia a la aparición de **bolsas de goma** en los brotes. En ciruelos aparecen hojas muy delgadas, largos entrenudos, bolsas de goma, necrosis de la madera y muerte de los brotes más apicales. Los albaricoques son, por el contrario, tolerantes a los excesos de B.

4.5. Azufre

El **papel** del azufre es, sobre todo, estructural. Forma parte de los aminoácidos cisteína y metionina, constituyentes de proteínas y precursores de otros productos secundarios que, por tanto, también contienen S. Forma parte de coenzimas, ferre-

doxina, biotina y tiamina pirofosfato. Además, la formación de enlaces S-S es esencial en las cadenas polipeptídicas para formar la estructura terciaria de las proteínas. Finalmente, el S en su forma no reducida forma parte de los sulfolípidos y es, por tanto, constituyente de las membranas biológicas. A pesar de todo ello, bajo el punto de vista de la productividad de los frutales el S es un elemento sin importancia.

Aunque las plantas pueden tomar el S de la atmósfera en cantidades considerables, la **absorción** mayoritaria se produce desde el suelo. Las plantas lo toman como anión divalente SO_4^{2-} en pequeñas cantidades y transportado como ion sulfito por el xilema. Posteriormente, es reducido para ser incorporado en los aminoácidos, de un modo similar a como ocurre con los nitratos.

No se conocen efectos derivados de su **deficiencia** en condiciones de campo. Cuando se provoca, en experimentos controlados, las plantas poseen un sistema radicular muy fino y con una coloración marrón más clara.

4.6. Cobre

El **papel** del cobre en las plantas es su acción como sistema redox, reaccionando directamente con el oxígeno. En las células las oxidasas terminales son enzimas cúpricos. El Cu forma parte de la plastocianina, un transportador de electrones del fotosistema I, de la superóxido dismutasa, de la citocromo oxidasa y de la ascorbato oxidasa.

El cobre se encuentra en el suelo formando complejos de bajo peso molecular y su **absorción** se produce, probablemente, como tal. En las raíces y en el xilema, el Cu también está presente en forma de complejo.

El síntoma más característico de la **deficiencia** en Cu es la muerte de brotes que crecen vigorosamente. Inicialmente aparecen pequeñas manchas necróticas en las hojas terminales, a continuación se transforman en áreas necróticas extensas que alcanzan a hojas de mayor edad, finalmente se marchitan los 10-30 cm apicales del brote y éste muere.

Las carencias se restituyen fácilmente con aplicaciones foliares de CuSO_4 . En la práctica las aplicaciones de fungicidas que se efectúan durante el cultivo son suficientes para que no se presenten deficiencias.

4.7. Molibdeno

En las plantas, el molibdeno juega un importante **papel** solamente en dos enzimas, nitrogenasa y nitrato reductasa.

Su **absorción** se ve restringida por acción del pH. En los suelos ácidos se da con relativa frecuencia, pero es muy improbable en suelos alcalinos. Un contenido inferior a 1 ppm se ha asociado a deficiencias en ciertos suelos.

Las **deficiencias** en este elemento son escasas, pero se han registrado manchas acuosas irregulares sobre las hojas, a principios del verano, que evolucionan dando un color amarillo hasta necrosarse y provocar su caída. Solamente en el ciruelo, albaricoquero, manzano y cítricos se han señalado algunos casos esporádicos de deficiencia en Mo.

5. Referencias bibliográficas

- Atkinson, D., J.E. Jackson, R.O. Sharpley y W.M. Waller. 1980. *Mineral nutrition of fruit trees*. Butterworth, Londres, UK.
- Del Rivero, J.M. 1968. *Los estados de carencia en los agrios*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Faust, M. 1989. *Physiology of temperate zone fruit trees*. John Wiley & Sons, Nueva York, EE.UU.
- Legaz, F.; Serna, M.D.; Ferrer, P.; Cebolla, V. y Primo-Millo, E. 1995. *Análisis de hojas, suelos y aguas para el diagnóstico nutricional de plantaciones de cítricos. Procedimiento de toma de muestras*. Generalitat Valenciana, Valencia, España.
- Marschner, H. 1986. *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press, Nueva York, EE.UU.
- Scaife, E. 1982. *Plant nutrition*. Commonwealth Agr. Bur. Slough, Londres, UK.

CAPITULO 6

LATENCIA, BROTAION Y FLORACION

1. El periodo de reposo en los frutales

En los climas templados o templado-cálidos, la temperatura condiciona el ciclo anual de crecimiento de los árboles frutales. En él se pueden distinguir un *periodo de actividad vegetativa*, que comienza en primavera con la brotación y acaba en otoño con la caída de las hojas, en los árboles caducifolios, o la inactividad metabólica, en los perennifolios, y un *periodo de reposo*, que se inicia a finales de otoño, después de haber cesado el crecimiento de verano, y termina con la siguiente brotación.

Este periodo de reposo, también denominado *dormancia* o *latencia*, se caracteriza por la supresión temporal del crecimiento visible de cualquier estructura de la planta que contenga un meristemo, a pesar de lo cual su actividad fisiológica no cesa, si bien se desarrolla de una manera ralentizada.

El proceso de la latencia se divide en tres estados: *paralatencia*, regulada por factores fisiológicos de la planta que se dan fuera de la estructura afectada, *endolatencia*, regulada por factores fisiológicos propios de la estructura afectada, y *ecolatencia*, regulada por factores ambientales (Fig. 6.1). Actualmente se acepta que el periodo de endolatencia se divide en una primera parte más profunda, llamada *p-endolatencia* (*endolatencia profunda*), y otra más superficial, *s-endolatencia* (*endolatencia superficial*). La primera se caracteriza por la incapacidad de inducir a las yemas al crecimiento bajo condiciones naturales. En la s-endolatencia, puede romperse la latencia con tratamientos adecuados. En resumen, se reconocen dos causas de la latencia, una endógena, caracterizada por la incapacidad de la yema para crecer o de la planta para inducir el crecimiento aunque las condiciones ambientales les sean favorables (paralatencia y endolatencia, respectivamente), y otra exógena, regulada por condiciones ambientales desfavorables para el crecimiento.

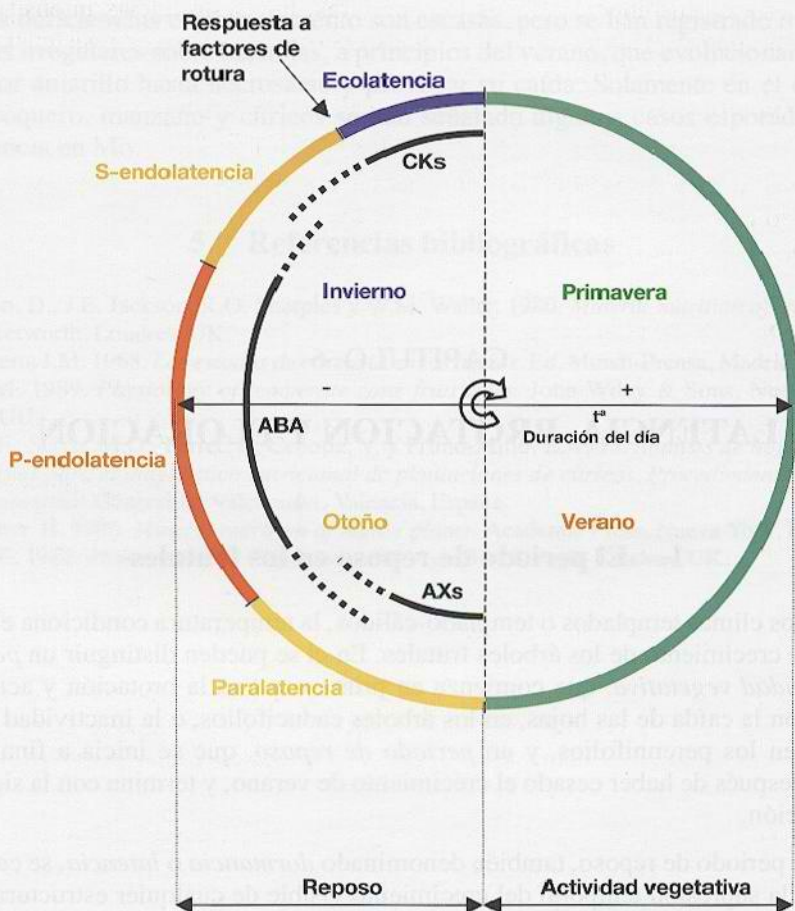


Figura 6.1. Representación esquemática de la inhibición de la brotación durante la latencia.

Actualmente, a las fases de la latencia se han asociado cambios celulares o bioquímicos, con el fin de describirla y entenderla bajo un punto de vista fisiológico. La paralatenia, que está bajo el control de una inhibición correlativa, se inicia al final del verano, cuando la longitud del día se reduce. En este periodo, el contenido en ácido abscísico (ABA) de la planta aumenta y la latencia es relativamente superficial, hasta el punto de que puede ser inhibida. El ABA es el factor promotor de la latencia más importante. Su elevada concentración endógena o su aplicación exógena se han mostrado eficaces para retrasar la brotación de yemas de manzanos, cerezos y melocotoneros. Con el acortamiento de los días y la llegada de las bajas temperaturas del invierno, la latencia se intensifica y alcanza su plenitud. A finales de otoño o principios de invierno, se sintetizan dehídrinas en las yemas, proteínas hidrofílicas capaces de fijar agua, posiblemente promovidas por el ABA

y debidas a la disminución de las temperaturas. Estas sustancias intensifican la latencia porque deshidratan la célula y ello permite una mayor resistencia de la misma al frío. Así, la planta entra en la fase de endolatenia. El hecho de que la síntesis de dehidrinas se halle estrechamente ligada con la resistencia al frío, no excluye su participación en el control de la latencia de las yemas.

Con el avance del periodo de frío, el agua se va liberando y las yemas se hinchan, pero no desaparecen las dehidrinas. Todos estos cambios, que son dependientes de las condiciones climáticas, inducen a que las yemas entren en ecolatenia.

El fenómeno de la latencia puede entenderse mejor si se consideran su inducción y ruptura como procesos graduales. La posibilidad de escapar a ella existe solamente antes de que en las membranas se desarrollen los cambios que incomunican a las yemas con los tejidos que las sustentan. Del mismo modo, la utilización de sustancias químicas capaces de acentuar el efecto de las bajas temperaturas sólo es posible después de que en las membranas se hayan desarrollado la mayor parte de los cambios inducidos por ellas. Durante la endolatenia, fase en la que la latencia se halla impuesta por las membranas, las bajas temperaturas son el único factor que puede restablecer las condiciones requeridas para que se reanude el crecimiento.

Durante las últimas fases de la endolatenia y durante la ecolatenia, las yemas son sensibles a las citoquininas (CKs) y a otras sustancias químicas para romper la latencia, y si se las expone a temperaturas suficientemente altas reinician el crecimiento. Cuando ello ocurre, al inicio de la primavera, el nivel metabólico aumenta, esto es, se activa la producción de ADN y ARN, se inicia la síntesis de enzimas y la energía metabólica cambia su procedencia, desde la vía de las pentosas a la ruta de los ácidos tricarbónicos.

La latencia, por tanto, es un proceso que se desarrolla a modo de supervivencia ecológica para superar el frío invernal (Faust *et al.*, 1997). Así, cuanto más estrecha es la respuesta del organismo a los estímulos medioambientales, mejor es su adaptación para sobrevivir al frío. El inicio del otoño viene determinado por dos factores, el acortamiento de los días y las bajas temperaturas, y son éstos mismos los que, a su vez, disparan los mecanismos de la latencia. Los días cortos señalan los cambios en el desarrollo, pero son las bajas temperaturas las que ponen en peligro la supervivencia de la planta. Por tanto, existen dos estados de aproximación a la latencia que son, por otra parte, reflejo de sus dos componentes mayoritarios: 1) el componente hormonal, cambiante con el tiempo y estrechamente relacionado con el inicio de la latencia provocado por las auxinas (AXs), con la inducción de la latencia mediada por estímulos ambientales y el ABA, y con su rotura a través de las CKs, y 2) la resistencia a la congelación, sobreimpuesta al componente hormonal y mediada por la dehidrinas. Pero este proceso exige, al mismo tiempo, mantener las macromoléculas en estado hidratado, por lo que envuelve cambios que dan lugar a un incremento en el contenido en ácidos grasos poliinsaturados de los fosfolípidos de las membranas, capaces de aumentar su fluidez y hacer posible su actividad aún a bajas temperaturas. En estas condiciones se produce la pérdida de conexión e interacción

entre los distintos órganos de la planta, lo que conduce a la aparición de cambios en el mecanismo de supervivencia que actúan sólo en la yema. El crecimiento se detiene totalmente, pero el proceso de latencia continúa. Tras un largo período de bajas temperaturas ($\approx 6^\circ \text{C}$) el sistema inicia cambios lentamente, se detecta agua libre y las membranas celulares restauran su conexión con el resto de la planta favoreciéndose, de nuevo, el crecimiento. A partir de este momento, la actividad hormonal, que permanecía enmascarada, es efectiva de nuevo y las CKs pueden promover la brotación. Esta es la razón por la que algunas sustancias, como el tidiazurón (TDZ), un análogo de las CKs, la cianamida de hidrógeno (CN_2H_2), una sustancia que aumenta la concentración de CKs en el xilema, o el KNO_3 , capaz de inducir la síntesis de CKs en las raíces, se han mostrado eficaces para romper la latencia. Pero el elemento crítico en el desarrollo de la latencia son las bajas temperaturas, que durante la paralatencia y la p-endolatencia incrementan su intensidad y en la s-endolatencia la rompen. En la tabla 6.1 se señalan, a modo de resumen, los factores que inducen y rompen la latencia de los árboles frutales.

TABLA 6.1
Factores eficaces envueltos en la imposición y rotura de la latencia

Estado de la yema		
Paralatencia	p-endolatencia	s-endolatencia
Factores inductores		
Exógenos		
Días cortos en otoño AIA, ABA, yemas terminales, hojas	Bajas T^{as} al final del otoño	Final de la acumulación de frío
Endógenos		
	Dehidrinas, cambios en las membranas, fijación de agua, actividad metabólica limitada	Interacciones AIA-CKs, agua libre, actividad metabólica
Factores de rotura		
Defoliación, TDZ, CN_2H_2 , KNO_3 , eliminación de brotes, estrés hídrico + riego	Ninguno (algunos narcóticos ?)	T^{as} elevadas, TDZ, CN_2H_2 , KNO_3

Fuente: Faust *et al.*, 1997.

2. Exigencias térmicas

2.1. Métodos empíricos de medida

Weldon, en 1939, publicó un trabajo en el que ya planteaba el retraso de la brotación como un problema que no podía ser vencido mediante técnicas de cul-

tivo tradicionales. Desde entonces, y aunque se trata de un proceso fisiológico muy complejo y que depende de muchos factores, se ha pretendido vincular la duración del reposo con las temperaturas por debajo de un determinado umbral. Chandler y Lamb, en los años 30 y 40, respectivamente, indicaron que el rango de temperaturas entre 0 y 7,2° C era el más eficaz. Son muchos los investigadores que coinciden en que las temperaturas eficaces para la ruptura del reposo son aquellas que se encuentran por debajo de los 7,2° C. De este modo, se ha definido el concepto de *horas-frío* (HF) como el *número de horas que pasa la planta por debajo del umbral de 7° C y que son necesarias para la ruptura del reposo invernal*.

La medida de este parámetro es totalmente empírica y no está exenta de inexactitudes y dificultades de homologación. Weimberger (1956) estableció una correlación entre las HF y la temperatura media de las medias de los meses de diciembre y enero comprendidas desde 13,2 a 6,3° C; significa ello que si ese valor medio durante los meses indicados fue de 9,8, por ejemplo, las HF acumuladas por el frutal fueron 850 (Tabla 6.2). Los resultados así obtenidos deben entenderse como una primera aproximación a la evaluación de las HF, y debe tenerse en cuenta que para las zonas mediterráneas o templado-cálidas de alta insolación son marcadamente erróneos.

TABLA 6.2

Correlación de Weimberger. Relación entre las HF y la temperatura media de las medias de diciembre y enero

T	13,2	12,3	11,4	10,6	9,8	9,0	8,3	7,6	6,9	6,3
Horas < 7° C	450	550	650	750	850	950	1.050	1.150	1.250	1.350

T = Media de las temperaturas medias de los meses de diciembre y enero.

Fuente: Weimberger (1956).

Posteriormente, se estableció una correlación entre las HF y la temperatura media de los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero, de manera que, sumando las HF obtenidas para cada mes, se obtienen las HF totales del periodo considerado. Cuando un valor mensual resulta negativo, la acumulación de HF se considera interrumpida. Este método todavía resulta inexacto para las zonas templado-cálidas. Para su cálculo se ha propuesto la siguiente expresión:

$$Y = 485,1 - 28,52 X$$

Y = Número mensual de horas por debajo de 7° C.

X = Temperatura media mensual del mes considerado.

Crossa-Raynaud, en los años 50, estableció una correlación lineal entre la temperatura y el tiempo:

$$HF = 24 \frac{7 - m}{M - m}$$

HF = Horas-frío de un día (por debajo de 7° C).

m = Temperatura mínima en el periodo de un día (° C).

M = Temperatura máxima en el periodo de un día (° C).

Pero la temperatura no varía de modo lineal con el tiempo, por lo que se precisa de un factor corrector, diferente entre regiones, que compense el error cometido. Sánchez-Capuchino, en 1965, determinó una constante (K = 1,5) para el área mediterránea española, con lo que la expresión queda como:

$$HF = K \left(24 \frac{7 - m}{M - m} \right) = 36 \left(\frac{7 - m}{M - m} \right)$$

K = 1,5 (factor corrector).

No se contabilizan los valores de HF negativos (m > 7° C).

Los métodos descritos consideran que las temperaturas superiores a 7° C no tienen efecto sobre la salida del reposo invernal y que las inferiores a este umbral tienen todas el mismo efecto. Sin embargo, estudios realizados con diferentes variedades han demostrado que la salida del reposo requiere unas necesidades de frío invernal diferentes a las HF calculadas empíricamente y que dependen de las características climáticas de la zona. Para salvar esta incoherencia se ha sugerido, por una parte, un efecto directo de la temperatura sobre la yema y, por otra, que todas las temperaturas no tienen el mismo efecto fisiológico sobre los frutales. Así, las temperaturas elevadas podrían computar negativamente en el cálculo de las HF.

Estudios realizados en condiciones de temperatura controlada han revelado que la temperatura más eficiente para la acumulación de frío invernal es de 6° C, mientras que la temperatura de 10° C es la mitad de eficiente que aquella y que cuando se alternan temperaturas de 21° C con bajas temperaturas se consigue anular el efecto de éstas últimas.

Shaltout y Unrath (1983), trabajando con variedades de manzano tipo 'Delicious', propusieron un modelo en el que se asigna a cada temperatura, o intervalo, un nivel de eficacia para contribuir a la salida del reposo (Tabla 6.3). Una hora a una temperatura de 1,4° C no produce avance en la salida del reposo, mientras que una hora a temperaturas comprendidas entre 2,5 y 9,1° C, equivale a la acumula-

ción de 1 unidad frío (UF), y a partir de 16° C se produce la anulación del frío acumulado. Por otra parte, este método da el mayor efecto negativo (-2) que se concede a las temperaturas superiores a 21° C.

TABLA 6.3

Eficacia en UF (unidades de frío) de diferentes temperaturas para la salida del reposo. Modelo Shaltout y Unrath para el cálculo de necesidades de frío

Temperatura (° C)	UF
1,4	0,0
1,5-2,4	0,5
2,5-9,1	1,0
9,2-12,4	0,5
12,5-15,9	0,0
16,0-19,0	-0,5
18,1-21,0	-1,0
21,1-23,0	-2,0

Fuente: Shaltout y Unrath (1983).

A la hora de determinar el cómputo de las HF, fijar la fecha de inicio y final del mismo ha representado, siempre, un problema de difícil decisión; seguramente por las serias deficiencias conceptuales que se poseen sobre las HF. Como fecha de inicio suele tomarse el estado fenológico de «caída de hojas», aunque en algunos casos, la planta puede estar ya en reposo y, por tanto, acumulando frío para la salida del mismo. De acuerdo con ello, en países templados, se toma como fecha de inicio el 1 de noviembre. Para los modelos que contabilizan UF es conveniente comenzar el conteo en otoño, justo el día después de dejar de ser negativos los valores que se obtienen al aplicar el modelo.

La fecha final de cómputo de HF debe ser aquella a partir de la cual la planta ha cubierto sus necesidades de frío invernal. Determinar dicha fecha puede conducir a error, ya que los síntomas externos del desborre se producen cierto tiempo después de que tales necesidades hayan sido cubiertas. El final de la latencia se ha definido, también, como el momento en el que el 50% del total de las yemas ha brotado, o aquel en el que se ha completado la meiosis del grano de polen. Finalmente, bajo un punto de vista práctico, el peso seco de las yemas sufre un rápido incremento tras cubrir las necesidades de frío invernal, y éste puede ser utilizado como fecha de referencia para finalizar el cómputo de acumulación de HF. Según Gil-Albert (1996), esta fecha es la siguiente, aproximadamente:

- El 1 de febrero, en zonas templado-cálidas.
- El 15 de febrero, en zonas templadas.
- El 1 de marzo, en zonas frías continentales.

Si se miden UF, el cómputo finaliza cuando los valores son negativos.

2.2. Nuevos modelos de cuantificación de la latencia

Los métodos anteriormente descritos están basados en la acumulación de HF o UF, pero no relacionan estos datos con el desarrollo fisiológico de las plantas. Estos modelos, por tanto, no son realistas. Surgieron así los *modelos fenológicos*, que tratan de predecir, exactamente, la medida de varios acontecimientos puntuales (por ejemplo, el tiempo que tarda en brotar una yema de madera o de flor), quitándole importancia a su relación con las variables ambientales

Para la aplicación de estos modelos se han utilizado unidades de desarrollo arbitrarias y/o diferentes estados fisiológicos que se han relacionado con la temperatura, asignando estados de crecimiento ($^{\circ}\text{GS}$) o unidades de desarrollo (dus) a los acontecimientos puntuales en los periodos estudiados.

La dificultad de cuantificar los acontecimientos fisiológicos es el grave inconveniente de estos modelos, cuya aplicación está todavía lejana.

2.3. Daños que produce la falta de frío invernal

Cuando las necesidades de frío invernal no son satisfechas, en los frutales se presentan diversos desórdenes fisiológicos, tanto más graves cuanto mayor es el déficit de frío que sufren. Estos desórdenes ocurren en especies frutales cultivadas en zonas de inviernos suaves a las que no están plenamente adaptadas, o estándolo se ven afectadas por inviernos anormalmente suaves. Los síntomas característicos de dichos desórdenes son:

- a) Retraso en la apertura de las yemas. Es el efecto menos grave, hasta el punto de que en zonas con heladas primaverales puede resultar, inclusive, beneficioso. Llega a ser perjudicial cuando el desfase entre la apertura de las yemas de flor y las de madera es excesivo, porque las primeras pueden quedarse sin reservas si se retrasa la brotación de las segundas. Además, puede afectar a la polinización cuando se utilizan variedades distintas en la parcela, o provocar un cambio en el orden de floración entre las variedades de una zona. También puede provocar un retraso en la maduración de los frutos, con el consiguiente aumento de competencia en el mercado y pérdida económica.
- b) Brotación irregular y dispersa. Si la deficiencia en frío es mayor, los retrasos en la apertura de yemas pueden ir acompañados de irregularidades, tanto en las yemas de flor como en las de madera, presentándose estados muy diferentes de desarrollo en un mismo árbol. Las irregularidades de crecimiento son más evidentes en manzano y peral que en melocotonero y albaricoquero.
- c) Caída de yemas. Es el efecto más grave que puede provocar la falta de frío en los inviernos suaves. En melocotonero y albaricoquero suele ser más

común, pudiendo llegar a caer hasta el 100% de las yemas de flor. Son menos sensibles los ciruelos japoneses y europeos, le sigue el peral y, finalmente, el manzano. A pesar de ello, si un 10-20% de yemas de flor persisten y cuajan en buenas condiciones, la producción puede llegar a ser rentable.

- d) Otras anomalías. Entre ellas puede encontrarse el aborto del estilo, alteraciones en el desarrollo del polen, deformaciones de hojas, aparición de pistilos múltiples que originan, a su vez, frutos múltiples, necrosis de yemas que mueren antes de desarrollarse el brote, etc.

3. Necesidades de calor

Tras la interrupción del periodo de reposo, resulta muy útil establecer las necesidades de calor que los diferentes frutales requieren para alcanzar la plena floración. Con ello se persigue conocer el tiempo que transcurrirá entre la salida del reposo y la floración y establecer, de este modo, el periodo útil de crecimiento que tendrá una especie en una zona determinada.

Una forma de medir el calor acumulado es mediante la integral térmica, pero ello presenta problemas, ya que el efecto térmico es variable con el periodo del día. Tabuenca y Herrero (1966) definieron las *unidades de calor acumulado* (U_c) como el número de grados Celsius acumulados durante un determinado periodo obtenido a partir del sumatorio de las diferencias entre la temperatura media diaria y una umbral, fijada en 6°C (Tabla 6.4).

TABLA 6.4

Unidades de calor (U_c) acumuladas hasta la plena floración con temperatura media superior a una dada (6°C). Valores para melocotonero en la zona de Zaragoza

Plena floración	U_c acumuladas	Contadas a partir de
Primera variedad	134	16 de enero
Variedad media	151	1 de febrero
Última variedad	194	1 de febrero

Fuente: Tabuenca y Herrero (1966).

4. Variaciones nutricionales endógenas durante la latencia

Las relaciones entre el contenido en carbohidratos, la materia seca de la madera y la brotación, indican una acumulación de carbohidratos en la madera en épocas próximas a la brotación, sobre todo en azúcares de transporte y de utilización inmediata (Fig. 6.2). Esta acumulación, además, es mayor en la madera próxima a las yemas de flor. La interpretación de ello es la necesidad de acumular reservas

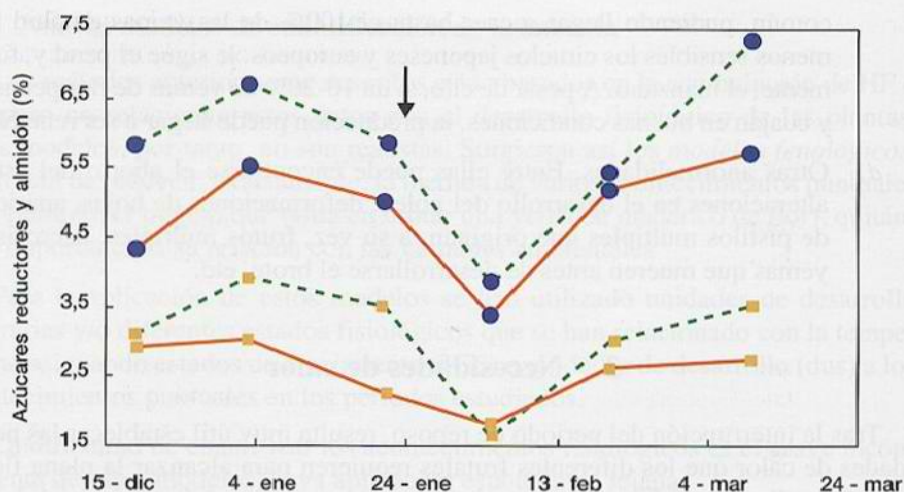


Figura 6.2. Evolución del contenido en almidón (*) y azúcares reductores (■) de las ramas del año anterior del melocotonero 'Springcrest' (—) y 'Frederica' (-----). La flecha indica la fecha de desborre.

para que la brotación pueda tener lugar. De acuerdo con los conocimientos actuales, el transporte de azúcares a las yemas se produce si se cumplen los requerimientos de baja temperatura característicos de cada variedad, computables para temperaturas de 7° C, mientras que temperaturas elevadas ($\geq 15^{\circ}$ C) estimulan la respiración reduciendo, de este modo, la acumulación de azúcares en la yema y dificultando su brotación.

Esta relación entre la acumulación de carbohidratos y temperatura fue posteriormente contemplada dentro de los modelos fisiológicos de la latencia. Como ya se ha indicado, los componentes hormonales rigen, al menos en parte, el estado de reposo, inhibiendo el desarrollo, induciendo la latencia y promoviendo la rotura final de ésta. Esta última exige la disponibilidad de carbohidratos. Estos se relacionan con el transporte y la liberación de energía capaz de satisfacer las necesidades de procesos muy exigentes, como la división celular.

La acumulación de almidón y carbohidratos solubles en los brotes no depende de la temperatura del suelo, sino de la temperatura ambiente. Sin embargo, en las raíces la acumulación de carbohidratos se incrementa con el descenso de la temperatura y viceversa. De este modo, las temperaturas por encima del umbral computable como frío podrían permitir la hidrólisis de reservas, su consumo (respiración) y transporte, con el resultado de un descenso en su contenido en las raíces y un incremento en las ramas en etapas próximas a la brotación. Este fenómeno se demostró al forzar la brotación de plantas previamente sometidas a bajas temperaturas. La tasa respiratoria de los brotes y raíces de estas plantas aumentó con el aumento de frío acumulado. A la vista de ello, la respiración detectada tras un

periodo de temperaturas elevadas depende más estrechamente de los carbohidratos movilizados que de las reservas, lo que indica que la hidrólisis de las reservas y el transporte de azúcares son procesos previos a la brotación. Esta hipótesis queda confirmada al estudiar la relación entre el contenido en carbohidratos de la madera durante la latencia y el porcentaje de yemas brotadas. La relación es negativa y significativa, pero sólo para el almidón (Tabla 6.5). Es decir, cuanto menor es el contenido en almidón mayor es la brotación, o lo que es lo mismo, es necesaria la movilización de estas reservas para que la brotación se produzca.

TABLA 6.5

Influencia del contenido en carbohidratos (% de materia seca) de la madera durante la latencia sobre el porcentaje de yemas brotadas en el melocotonero

Carbohidratos	m	$r^2 \times 100$	Significación
Almidón	-3,40	57,2	$p \leq 0,05$
Azúcares reductores	-3,88	48,3	ns
Azúcares no reductores	-1,68	48,0	ns
Azúcares totales	-1,21	48,7	ns

m = pendiente de la recta de regresión; r^2 = coeficiente de determinación; ns = no significativo.

Durante el otoño-invierno, se han detectado cambios para temperaturas de 5° C en la tasa respiratoria de especies del género *Pyrus* de distinta precocidad; pero no así para temperaturas de 25° C, para las que fueron inapreciables. Ello indica que las diferencias de precocidad entre especies se establecen a bajas temperaturas solamente. Esto mismo se ha demostrado, también, para algunas especies del género *Prunus*. La respiración, por tanto, es la respuesta a la acumulación de frío, ya que temperaturas tan bajas como 5° C son incapaces de inhibirla. De este modo, además, se pone en evidencia que las variedades precoces lo son porque son capaces de romper la latencia tras un periodo más corto de bajas temperaturas, o lo que es lo mismo, porque son menos exigentes en frío.

Las especies y/o variedades incapaces de activar la respiración a bajas temperaturas, o siendo capaces su tasa es reducida, requieren de un largo periodo que se prolonga durante la primavera hasta que se alcanza una elevación térmica que permite completar el desarrollo de las yemas; decimos, por tanto, que son de muchas HF o muy exigentes en HF. Por contra, las que son capaces de activar la respiración y completar el desarrollo de sus yemas a bajas temperaturas, brotan antes. Estas se hallan, aparentemente, poco ligadas a la duración del periodo de frío intenso y por eso se denominan de pocas HF o poco exigentes en HF. Las primeras entran en latencia con facilidad y, por consiguiente, no requieren de temperaturas muy bajas para ello tanto al inicio como al final del periodo de parada invernal; como están latentes durante mucho tiempo decimos que son muy exigentes en HF. Las segundas requieren de temperaturas muy bajas para entrar en latencia y el periodo de

parada invernal se acorta hasta el intervalo central en el que se presentan las temperaturas más bajas, pero entran rápidamente en brotación cuando aquella comienza a elevarse; decimos, por tanto, que requieren de pocas HF.

A pesar de todo ello, experimentos realizados en zonas tropicales con especies de zona templada indican que la defoliación 3 semanas después de la recolección provoca la brotación sin necesidad de que la planta entre en latencia. A latitudes 7° S y con temperaturas mínimas de 12° C, la acumulación de frío no tiene lugar y el cv. de manzana, 'Rome Brauty', muy exigente en HF, brota sin dificultad cuando se defolia (ver Faust, 1989). Esto implica que el(los) inhibidor(es) de la brotación debe(n) encontrarse, con toda probabilidad, en las hojas y ser transportados a las yemas antes de que se produzca su abscisión. De este modo, si la defoliación se lleva a cabo antes de que el(los) inhibidore(s) sea(n) transportado(s), la inhibición de la brotación no se produce y por tanto las yemas brotan.

Las exigencias de bajas temperaturas difieren ampliamente entre especies (Tabla 6.6). Incluso dentro de una misma especie, sus cultivares difieren también de modo amplio.

TABLA 6.6
Rangos de requerimientos de frío de varias especies frutales

Especie	Requerimientos de frío (horas por debajo de 7° C)
Albaricoquero	250-900
Cerezo	500-1300
Ciruelo japonés	500-1500
Manzano	200-2000
Melocotonero	200-1100
Membrillero	50-400

Adaptado de Chandler et al. (1937) (Citado por Faust, 1989).

Las necesidades de frío son solamente importantes en zonas templadas en las que las temperaturas por debajo de cero apenas se alcanzan. Así, por ejemplo, en la Cuenca Mediterránea, sólo pueden cultivarse especies poco exigentes en frío, mientras que en áreas de clima continental pueden cultivarse también especies muy exigentes. No obstante, la gradación en la exigencia en HF de la gran cantidad de especies y variedades comerciales de árboles frutales existentes, permite adaptarlas a cualquier área sin más que realizar una elección acorde con las exigencias de la planta y el régimen térmico de aquella.

De acuerdo con lo antedicho, si las temperaturas durante la latencia no son suficientemente bajas, o siéndolo no persisten durante el tiempo requerido por cada especie o cultivar, la latencia no será plena, la hidrólisis de los carbohidratos de reserva y su transporte serán escasos, la yema no completará el desarrollo y en el momento de la brotación la disponibilidad de azúcares en las ramas será insufi-

ciente para atenderla. Con ello, además, la división celular podría quedar energéticamente desatendida. Este proceso está de acuerdo con el comportamiento de especies y/o cultivares perennifolios, sin requerimientos de frío. Estos sintetizan continuamente carbohidratos, con lo que el desarrollo de las yemas está garantizado y su brotación puede tener lugar en cualquier momento sin otra exigencia que la elevación de las temperaturas.

El aumento de los azúcares no reductores en la madera antes de la brotación apoya esta hipótesis, ya que ello indica transporte de carbohidratos. Por otro lado, la acumulación de azúcares reductores en las yemas de flor indica consumo inmediato, con lo que se cubre las necesidades energéticas de la división celular y de la brotación. Finalmente, la falta de correlación entre el contenido en carbohidratos y porcentaje de brotación de yemas de madera, indica que aquél es decisivo sólo para la floración

5. La floración

5.1. Inducción floral

La inducción a flor de una yema es el cambio que se produce en el interior de su meristemo apical consecuencia de variaciones en la distribución de los nutrientes. Aunque se ha sugerido que el proceso está regulado hormonalmente, no se conoce ninguna sustancia química que actúe como mensajero en el desarrollo de flores.

En el manzano se ha observado que para que el meristemo apical de una rama quede inducido es necesario que se forme un número crítico de nudos en ella, que en este caso es de 20. Dado que el periodo de crecimiento es limitado en el tiempo, el ritmo de producción de nudos es un factor determinante de la inducción floral. El tiempo que transcurre entre la iniciación de dos primordios foliares sucesivos recibe el nombre de *plastócrono*; cuando éste es muy corto, las yemas se desarrollan vegetativamente en el mismo año, mientras que si es superior a 9 días la yema nunca alcanza el estado necesario para ser receptiva de la inducción floral. En este sentido, se ha sugerido que las GAs podrían extender el *plastócrono* e inhibir la floración indirectamente.

La diferenciación floral sólo es claramente visible cuando se inician los cambios morfológicos. Dado que existe un periodo más o menos extenso entre inducción y morfogenesis, en la práctica no es posible determinar cuándo tiene lugar la inducción floral. Sin embargo, sí puede tenerse una idea relativamente precisa derivada de la época de sensibilidad de las yemas a los factores inhibidores, por ejemplo las GAs. De su aplicación en el melocotonero y en el ciruelo se deduce que la época de inducción floral de estas especies, en las condiciones climáticas mediterráneas, tiene lugar entre los meses de mayo y junio. En los cítricos se acepta que el reposo vege-

tativo es el periodo de mayor sensibilidad a la inducción floral, pero experimentos de defoliación, de rayado de ramas y de aplicación de GAs han demostrado la existencia de otras épocas de sensibilidad muy alejadas de dicho periodo (verano).

El desarrollo de las yemas florales, además, no se inicia uniformemente en todo el árbol. En el manzano, las yemas terminales de los brotes cortos inician su diferenciación floral 4-6 semanas antes que las yemas laterales. En el cerezo, sin embargo, se inician a la vez. En ciruelos y albaricoqueros, las yemas de flor de los brotes secundarios inician su formación más tarde. En los cítricos, las flores situadas en brotes con hojas se desarrollan más tarde.

Las condiciones ambientales también afectan el desarrollo de las yemas de flor. En los cítricos, las condiciones ambientales determinan la época de brotación y son, asimismo, responsables de la intensidad y distribución de la floración. En los climas templados, las bajas temperaturas son pre-requisito indispensable de la floración, con independencia de la duración del día. Durante el periodo de bajas temperaturas el desarrollo de las raíces se detiene y con ello la síntesis hormonal que tiene lugar en ellas, no hay transporte de éstas a los meristemas, su acción inhibidora no tiene lugar y la yema florece. En climas tropicales, sin embargo, la floración exige la existencia de un estrés hídrico, más o menos prolongado, que al romperse genera la señal necesaria para florecer. En el manzano, en las zonas sombreadas del árbol donde penetra menos de un 30% de la luz solar, prácticamente no se forman yemas de flor, y las temperaturas estivales determinan, asimismo, el ritmo de inducción a flor de las yemas.

La respuesta de las plantas a la luz se ha explicado a través de su sensibilidad al fotoperiodo. Esta es consecuencia del equilibrio entre las formas del *fitocromo*, dependientes de la λ de la luz. Por consiguiente, la longitud del día y de la noche determinan su equilibrio, y en algunas especies este equilibrio determina la iniciación floral. No es el caso de la mayor parte de las especies frutales, cuya iniciación floral es independiente del fotoperiodo, aunque éste puede determinar su entrada en latencia.

El vigor del árbol también es un factor determinante de la iniciación y desarrollo de las yemas de flor. Como ya se indicó en el Capítulo 5 (apt. 2.3), el estímulo del crecimiento vegetativo reduce la floración, y la práctica de la poda ratifica este principio, particularmente en árboles jóvenes de manzano y peral. Solamente el melocotonero se presenta como la excepción, ya que en esta especie las yemas de flor se localizan en las nuevas brotaciones; aún así, en condiciones de vigor elevado éstas tampoco producen yemas de flor. En estas condiciones, el reparto de carbohidratos no alcanza para nutrir suficientemente a las yemas y éstas no pueden iniciar el proceso.

Otra cuestión distinta es que la utilización de estas reservas sea determinante para la floración. Aunque son numerosos los trabajos que relacionan a ésta con las reservas hidrocarbonadas de la planta, nunca se ha demostrado una relación causa-

efecto entre floración y contenido en carbohidratos. En el melocotonero, el peso seco de las yemas de flor durante la brotación aumenta con el incremento en el nivel de carbohidratos, pero sólo lo hace para azúcares reductores, esto es, de rápido consumo. La necesidad de energía para atender el proceso es, por tanto, determinante, y la presencia de reservas capaces de hidrolizarse para transportar azúcares y atender las necesidades de la brotación de las yemas de flor se convierte en un factor decisivo. Dichas reservas en etapas próximas a la brotación son mayores en aquellas plantas que han satisfecho sus necesidades de frío.

Las giberelinas constituyen uno de los factores endógenos más potentes en la inhibición de la inducción floral de las angiospermas. Las semillas de los frutos en desarrollo son muy activas en la síntesis de GAs, de ahí que la producción de frutos se haya relacionado con reducciones de la floración. La comparación de la presencia, en un mismo árbol, de frutos sin semillas y polinizados manualmente de una variedad partenocárpica de manzano (cv. 'Spencer seedless'), reveló que la zona del árbol donde se encontraban los primeros floreció normalmente la primavera siguiente, mientras que en la que se encontraban los segundos no hubo floración. En los cítricos, la presencia de frutos con semillas reduce marcadamente la floración, hasta anularla en algunas variedades; es más, en las partenocárpicas son las paredes del ovario las que toman el papel de síntesis de GAs en sustitución de las semillas, de modo que también en estas variedades se ha demostrado una relación inversa entre fructificación y floración en la primavera siguiente.

Este control hormonal de la floración puede llegar a plantear problemas agromónicos de difícil solución. Así, la difusión de GAs desde los frutos es la razón de la alternancia de cosecha. Esta se caracteriza porque al año de una elevada producción (año *on*) le sigue una reducción de la floración que, en la mayoría de las especies frutales, se traduce en un descenso notable (o anulación) de la cosecha (año *off*). Como consecuencia del bajo número de frutos, es muy reducida la síntesis de GAs que se produce a partir de ellos y, por tanto, no existe inhibición de la floración, y al año siguiente ésta es abundante, produciendo una cosecha, a su vez, abundante, que reinicia el ciclo. El papel de otras hormonas vegetales en el proceso de la floración no está demostrado.

La influencia de estos factores es limitada en el tiempo. La inducción floral pasa por dos fases, una reversible, durante la que es posible la interrupción de los factores inductores y la consiguiente anulación de la programación floral de la yema, y otra irreversible, alcanzada la cual el proceso de floración no puede interrumpirse, aunque las condiciones de desarrollo pueden alterarla, al menos cuantitativamente y en referencia a la expresión de la sexualidad.

5.2. Diferenciación floral

Después de que las yemas hayan recibido la señal (desconocida) para la inducción floral, el primer cambio detectable en ellas es un aumento de la síntesis de

ADN y ARN. Su contenido en las yemas inducidas es marcadamente superior al de las no inducidas. Este aspecto también ha sido demostrado indirectamente, con la utilización de inhibidores. Aquellas sustancias capaces de inhibir la síntesis de ADN y ARN inhiben, a su vez, la formación de yemas de flor.

Inmediatamente después comienza a detectarse la diferenciación histológica, que prosigue durante los 8-10 meses siguientes. En general, el signo más evidente de diferenciación es el aplanamiento que sufre el meristemo de la yema (Foto 6.1), consecuencia de una mayor actividad mitótica en la periferia de su cúpula, a la vez que se produce la vacuolización de la parte central del meristemo. Queda, así, una zona medular fuertemente vacuolizada cubierta de un manto de células meristemáticas. El manto incluye la túnica y las capas más externas del corpus y da lugar a las brácteas y al primordio floral. Este último se extenderá por toda la superficie del ápice, de tal forma que todo el tejido meristemático queda diferenciado.

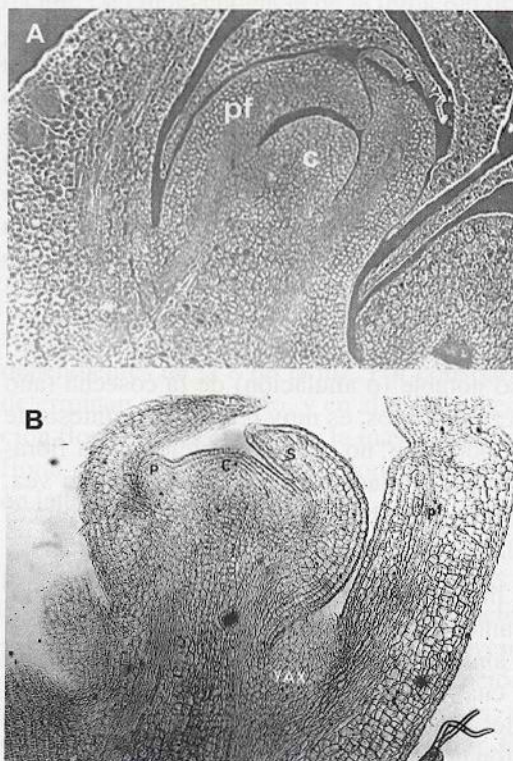


Foto 6.1. Yemas de naranjo vegetativa A) y de flor con la cúpula aplanada y actividad mitótica periférica B) iniciando la formación de los pétalos (p). pf: primordios foliares; s: sépalos; yax: yema axilar; c: cúpula.

Las distintas partes florales se originan en secuencia acrópeta, concéntrica y continua, de sépalos, pétalos, estambres y carpelos. Los primordios de sépalos se forman en el primer nivel, y confieren a la yema una característica conformación cóncava denominada *estadio de urcéolo*. Luego se forman los primordios de los pétalos

por dentro del verticilo de sépalos (Foto 6.1) y alternativamente con ellos. El verticilo de los primordios de los estambres se organiza concéntricamente a los anteriores y por la parte interior de los pétalos. El pistilo se forma en el centro de la yema.

En las Rosáceas, las yemas pasan el invierno diferenciadas y en reposo (Foto 6.2), aunque el crecimiento, lento, continúa durante el periodo de necesidades de frío invernal. Al final del reposo, se produce la meiosis del grano de polen, con lo que queda formado completamente. Este estado es considerado como el final del periodo de reposo. En los cítricos y en el olivo no es posible detectar ningún cambio hasta que no se inicia la brotación, de modo que la diferenciación histológica es coincidente con ésta.

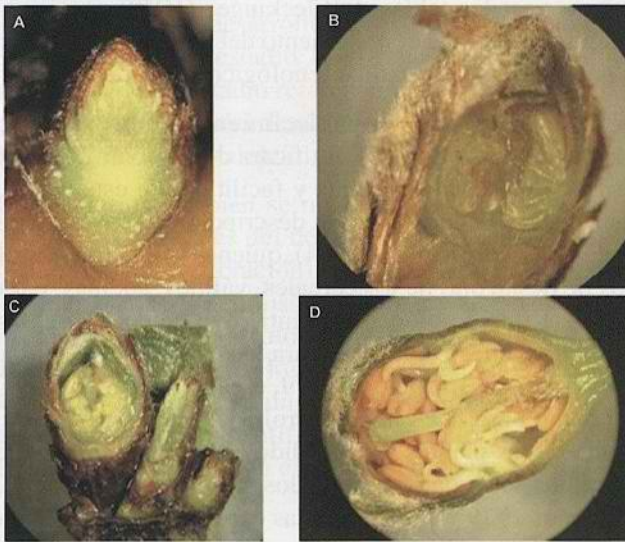


Foto 6.2. Yemas de ciruelo. A: Yema de madera en reposo. B, C y D: Evolución de la maduración de una yema de flor.

6. Fenología. Estados fenológicos

6.1. Aspectos generales

La fenología es la ciencia que trata de los fenómenos biológicos periódicos, como la brotación, la floración, la maduración del fruto, etc., relacionados con el clima y, especialmente, con los cambios estacionales a los que se encuentran sometidas las plantas. Desde un punto de vista climatológico estos fenómenos sirven de base para la interpretación de estaciones y de zonas climáticas y se tienen en cuenta para unificar los efectos de diversos factores bioclimáticos. Bajo el punto de vista agronómico su conocimiento permite extraer consecuencias con respecto a un

microclima determinado, y viceversa, conocido éste se puede prever la respuesta de la planta. Finalmente, desde un punto de vista económico estos datos son de gran importancia ya que, convenientemente tratados, sirven para predecir cuándo puede aparecer una plaga, la necesidad de efectuar un abonado específico, la aplicación de un producto hormonal, etc.

A pesar de la importancia evidente de estos aspectos, hasta principios de los años 90 no existía una codificación homogénea para describir los estadios de desarrollo de las principales plantas cultivadas y malas hierbas. Los sistemas utilizados para caracterizar los estadios eran frecuentemente mixtos, haciendo uso de letras y números que, además, no solían coincidir entre los diferentes géneros para las mismas fases de desarrollo. Quizás la fenología mejor estudiada sea la de algunos géneros frutales, y así las tablas de Fleckinger (1948) se convirtieron en herramienta imprescindible para el conocimiento del desarrollo de los frutales y han servido de base para definir los estadios fenológicos de otras plantas.

Pero se hacía necesario el establecimiento de un sistema numérico que, mediante la asignación de dígitos, identificara de modo uniforme los distintos estadios de desarrollo de todas las plantas y facilitara, de este modo, su informatización. El primer código decimal para la descripción de los estadios fenológicos de las plantas se debe a Zadoks *et al.* (1974), quienes asignaron dos dígitos a cada uno de los estadios de desarrollo de los cereales, válidos, además, para todos sus géneros y especies. Este trabajo pionero permitió evolucionar en el sistema. El Centro Federal de Investigaciones Biológicas para la Agricultura y Silvicultura (BBA), de Alemania, comenzó a desarrollar, en 1979, escalas numéricas para diferentes especies, tomando como base la escala desarrollada por Zadoks *et al.* (1974). El desarrollo fenológico de las plantas fue dividido en estadios principales, definidos por un dígito, y estadios secundarios, definidos también por un dígito, y fueron publicados, entre los años 1979 y 1989, en hojas explicativas individuales. Sin embargo, con estos trabajos no se resolvió la armonización de estadios homólogos entre especies diferentes. Posteriormente un grupo de científicos provenientes de las firmas, BASF AG, BAYER AG, CIBA AG y Hoechst AG, elaboraron el código BBCH (Bleiholder *et al.*, 1989). El código BBCH es un código decimal que identifica el desarrollo de las plantas mono- y dicotiledóneas con estadios principales y secundarios. Los códigos numéricos constan de dos cifras, expresando la primera el estadio principal y la segunda el estadio secundario en el transcurso de un determinado estadio principal. En la práctica, la utilización del código BBCH evidenció restricciones para su uso universal. Para eliminarlas fue necesario ampliar la escala. Especialistas del BBA, del Instituto Federal de Variedades (BSA) de Alemania, la Asociación Alemana de Agroquímicos (IVA) y del Instituto de Horticultura y Floricultura de Großbeeren/Efurt (IGZ), Alemania, elaboraron la escala BBCH ampliada (Hack *et al.*, 1992). En ésta, y con el fin de posibilitar una mejor descripción de los estadios fenológicos de ciertas especies, se introdujo el mesoestadio. Este da la posibilidad de definir un microestadio de una forma más detallada, lo

que es necesario, en muchos casos, para los genetistas. El mesoestadio se define con un dígito adicional, que se incluye en el código entre el macroestadio y el microestadio. Actualmente, por tanto, para describir los estadios fenológicos de una planta es posible definir códigos con 2 dígitos y códigos con 3 dígitos, dependiendo del grado de detalle necesario.

6.2. Características de la escala BBCH

En la escala BBCH, los estadios principales son 10, iniciándose con la germinación o brotación (estadio 0), según la planta, y finalizando con la muerte o el inicio de la latencia (estadio 9). Al desarrollo vegetativo se le asignan dos macroestadios, correspondientes al desarrollo de las hojas (estadio 1) y de los brotes (estadio 3), éste último compartido con el desarrollo de las flores (estadio 5). La floración (estadio 6), el desarrollo del fruto (estadio 7) y su maduración (estadio 8), completan el código. La ausencia de un estadio referente al crecimiento del brote principal en roseta o de retoños (estadio 2) y del desarrollo de partes vegetativas cosechables (estadio 4), resulta obvia en los frutales.

Los estadios secundarios también se numeran del 0 al 9, correspondiéndose con valores ordinales o porcentuales del desarrollo. Así, en el caqui, por ejemplo, el valor 1 del estadio principal 6 (floración) indica un 10% de flores en anthesis y su identificación, por tanto, será 61; del mismo modo, el valor 5 del estadio principal 7 (desarrollo del fruto) indica que el fruto ha alcanzado el 50% de su tamaño final y se expresa como 75. En otros casos, los valores de estadios secundarios indican estadios evolutivos distintos dentro de un mismo estadio fenológico principal; así, dentro del estadio de floración, se identifican el inicio de la anthesis (60), el inicio de la caída de pétalos (65), etc. Cuando existen alteraciones a estas reglas se señalan expresamente.

La escala BBCH ha sido aceptada ampliamente en los últimos años y se cuenta ya con su adaptación a cereales, leguminosas, hortalizas diversas, vid, frutales de hueso, de pepita, cítricos y otras especies frutícolas. Las escalas existentes para cada especie o grupo de especies frutales se presentan en los capítulos de este texto correspondientes a las mismas.

7. Referencias bibliográficas

- Bleiholder, H.; van den Boom, T.; Langelüddecke, P. y Stauß, R. 1989. «Einheitliche Codierung der phänologischen Stadien bei Kultur- und Schadpflanzen». *Gesunde Pflanzen*, 41:381-384.
- Faust, M. 1989. *Physiology of temperate zone fruit trees*. John Wiley & Sons, Nueva York, EEUU.
- Faust, M.; Erez, A.; Rowland, L.J.; Wang, S.Y. y Norman, H.A. 1997. «Bud dormancy in perennial fruit trees: Physiological basis for dormancy induction, maintenance, and release». *HortScience*, 32:623-629.

- Fleckinger, J. 1948. «Les stades végétatifs des arbres fruitiers, en rapport avec les traitements». *Pomologie Française*, Supplément: 81-93.
- Gil-Albert, F. 1996. *Tratado de arboricultura frutal*. Vol. I. *Morfología y fisiología del árbol frutal*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Hack, H.; Bleiholder, H.; Buhr, L.; Meier, U.; Schnock-fricke, U.; Weber, E. y Witzemberger, A. 1992. «Einheitliche Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen - Erweiterte BBCH-Skala, Allgemein». *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.*, 44:265-270.
- Shaltout, A.D. y Unrath, C.R. 1983. Rest completion prediction model for 'Starkinson Delicious' apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 108: 957-961.
- Tabuenca, M.C. y Herrero, J. 1966. «Influencia de la temperatura en la época de floración de los frutales». *An. Aula Dei*, 8:115-153.
- Weimberger, J.H. 1956. «Effects of high temperatures during the breaking of the rest of 'Sullivan Elberta' peach buds». *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 63:157-162.
- Zadoks, J.C.; Chang, T.T. y Konzak, C.F. 1974. «A decimal code for the growth stages of cereals». *Weed Research*, 14:415-421.

CAPITULO 7

DESARROLLO DEL FRUTO

1. El fruto. Estructura y función

En un sentido amplio, *los frutos son flores o partes de flor (con órganos auxiliares) o inflorescencias que han desarrollado sus tejidos para albergar a las semillas hasta que maduran, protegiéndolas y facilitando su dispersión*. En estados primitivos, la semilla aislada era el órgano principal de multiplicación de los espermatofitos. Con la evolución, las semillas se han asociado, en muchos casos, a otros órganos de la planta, constituyendo unidades complejas de diseminación: los frutos. Las gimnospermas se caracterizan por poseer primordios seminales «desnudos»; en las angiospermas, sin embargo, los primordios seminales están encerrados siempre dentro de un recipiente formado por las hojas carpelares, el ovario, al que no abandonarán antes de alcanzar la madurez. Una vez formadas las semillas, dicho ovario (sólo o junto con otras partes de la flor) se desarrolla y se transforma en fruto. Los frutales son angiospermas y, por tanto, son los frutos de estas especies los que se estudian en este capítulo.

Los frutos pueden ser simples, cuando son únicos (p. ej. melocotón) o compuestos, cuando están constituidos por la agrupación de varios (p. ej. frambuesa). Cuando en su formación intervienen de modo decisivo órganos auxiliares, extra-carpelares, reciben el nombre de falsos frutos (p. ej. peras; Foto 7.1). Algunas especies son capaces de formar más de una clase de frutos sobre un mismo individuo (p. ej. algunas crucíferas), este fenómeno recibe el nombre de *heterocarpia*.

Por tanto, los tejidos que rodean a la(s) semilla(s) son los que forman el fruto y de su estructura depende la dispersión de éstas. Globalmente se denominan pericarpo y en él se pueden distinguir tres capas, en general: el *exocarpo*, el *mesocarpo* y el *endocarpo*. Los tres son idénticos bajo el punto de vista ontogénico, pero se los distingue para facilitar la descripción anatómica de los frutos. La consistencia

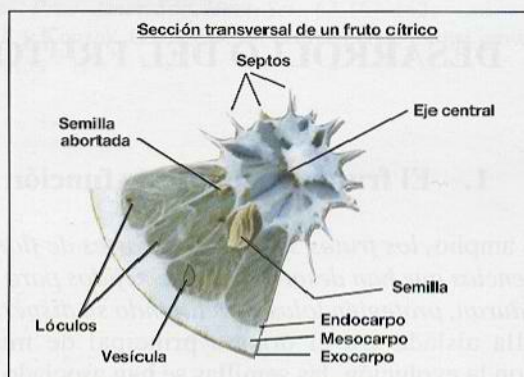


Foto 7.1. Partes de un pomo (manzana), de una drupa (melocotón) y de un hesperidio (pomelo).

del exocarpo es el factor principal de la clasificación de los frutos, denominándose frutos secos cuando es duro y carnosos cuando es blando. De él depende también el grado de atracción de los frutos, de modo que su color, brillo, textura, resistencia, etc., condicionan decisivamente la calidad comercial de los mismos. En algunas especies el endocarpo está formado por una masa pulposa, originada por él mismo, dividida en lóculos y englobada por membranas (p. ej. cítricos; Foto 7.1). En otros está lignificado, constituyendo una cavidad dura que envuelve a la semilla y que recibe el nombre de hueso (Foto 7.1).

La complejidad de estos tejidos y de su desarrollo, dificulta el estudio de los frutos a través de la comparación de tejidos teóricamente homólogos, es decir, procedentes de las mismas partes de la flor. Una prueba de ello es la diversidad de los mismos que pueden dar lugar a la parte comestible (Foto 7.2). La mejor manera de superar estas dificultades es a través del estudio del comportamiento de los frutos, agrupándolos en función de pautas características del desarrollo, es decir, a través de la comparación de tejidos análogos y su comportamiento fisiológico. En este sentido, una amplia información sobre el desarrollo de los frutos puede obtenerse de Monselise (1986), Faust (1989), Brady (1987) y Agustí (2000).

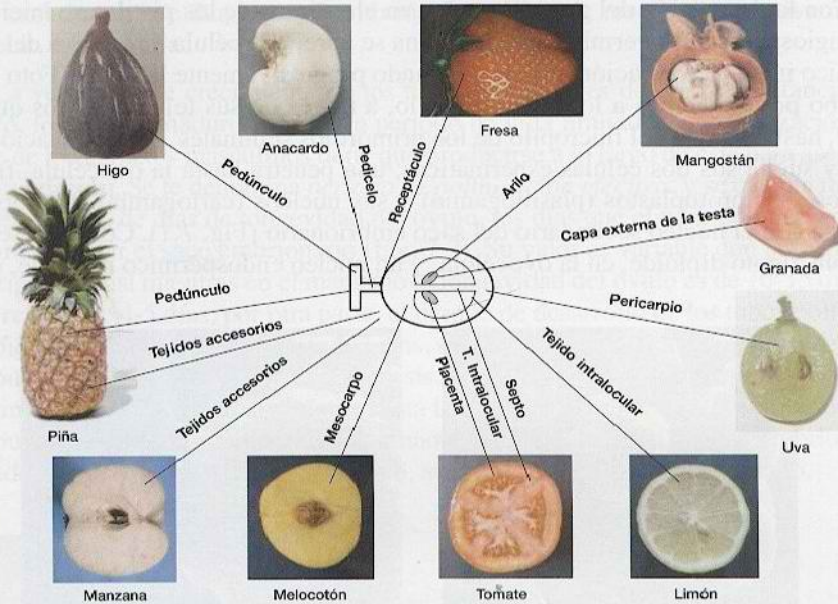


Foto 7.2. Esquema del desarrollo de los tejidos de algunos frutos (basado en Monselise, 1986).

2. Polinización

La forma natural de transporte de los granos de polen en especies monoicas o dioicas, es por el viento. A ello se le denomina *anemofilia*. Pero la evolución ha hecho posible el desarrollo de otros tipos de distribución, sobre todo ligada a los animales. Para ello las flores tuvieron que desarrollar medios de reclamo, particularmente de naturaleza óptica y química, capaces de establecer relaciones directas y regulares entre animales polinizadores y especies vegetales, lo que recibe el nombre de *zoofilia*. Especialmente relevante resulta el caso de las angiospermas, que han desarrollado diversidad de formas florales o de olores para, por una parte, atraer a animales que necesitan de su polen y/o néctar para alimentarse, y por otra, obligarlos a pasar por determinadas vías para asegurar el contacto del polen con el estigma; la viscosidad de los granos de polen facilita la adherencia tanto al estigma de la flor como al animal portador. Si son insectos, sobre todo coleópteros, los implicados en la polinización, el proceso se denomina *entomofilia*, y si son pájaros los que visitan las flores *ornitofilia*. En algunos casos, limitados a especies típicas de los trópicos y de anthesis nocturna, se ha constatado la participación de murciélagos en el proceso (*quiropterofilia*). En unas pocas especies, las gotas de agua de lluvia también pueden provocar la polinización, lo que se conoce como *hidrofilia*. Finalmente, en algunas flores hermafroditas es posible la cesión y captación simultáneas de los granos de polen en una misma flor.

Con la deposición del grano de polen en el estigma de los pistilos se inicia, en las angiospermas, su germinación. La exina se abre, y la célula vegetativa del tubo polínico inicia la formación de éste alargando progresivamente la intina (Foto 7.3). El tubo polínico crece a lo largo del estilo, a través de sus tejidos, de los que se nutre, hasta alcanzar el micropilo de los primordios seminales. A continuación, se abre y suelta sus dos células espermáticas; una penetra hasta la ovocélula, fusionándose sus protoplastos (plasmogamia) y sus núcleos (cariogamia), y la otra se fusiona con el núcleo secundario del saco embrionario (Fig. 7.1). Con ello, se origina un cigoto diploide, en la ovocélula, y un núcleo endospermico triploide, en el

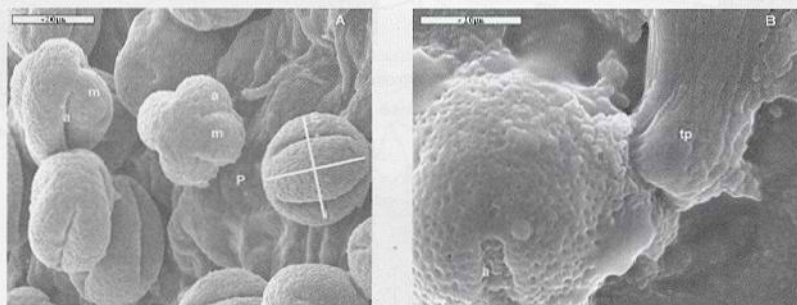


Foto 7.3. Microfotografía electrónica de barrido de granos de polen de mandarina Clementina, cv. 'Clemenules' (A, 2000X) y de la germinación *in vitro* de polen de mandarina Clementina, cv. 'Hernandina' (B, 3500X). Los granos de polen se clasifican morfológicamente por la relación P/E. P: eje polar; E: eje ecuatorial; a: apertura; m: mesocolpo; tp: tubo polínico (Fuente: M. Agustí, A. Martínez-Fuentes, C. Mesejo, M. Juan y V. Almela. 2003. *Cuajado y desarrollo de los frutos cítricos*. Generalitat Valenciana, Serie Divulgació Técnica n° 55, 80 pp).

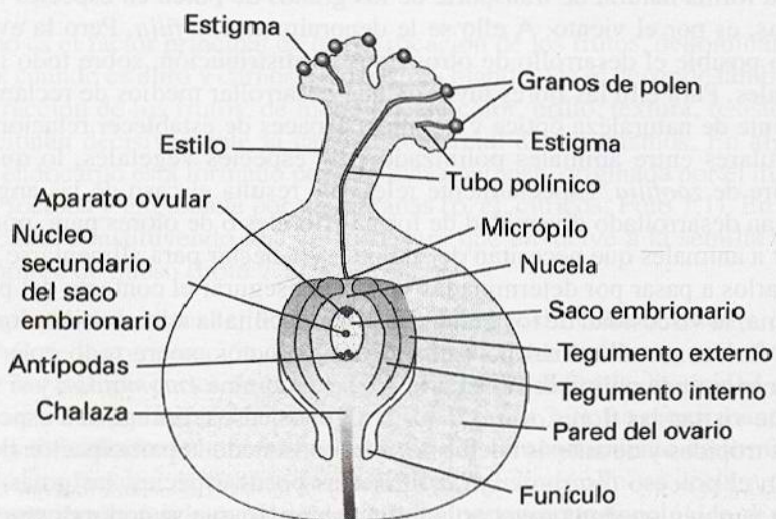


Figura 7.1. Corte longitudinal de un pistilo mostrando el desarrollo de un tubo polínico (adaptado de Strasburger et al., 1986).

saco embrional, que dan lugar al embrión y al tejido de reserva, respectivamente, es decir, a la semilla.

La velocidad de crecimiento de los tubos polínicos es de gran importancia. En efecto, los óvulos maduros tienen un periodo de vida limitado y la fertilización por parte de los gametos masculinos tiene que producirse a lo largo de éste para asegurar la fecundación. Se le denomina *periodo de polinización efectiva*, y se calcula restando del número de días de longevidad del óvulo, los días que el tubo polínico necesita para alcanzar el saco embrionario (Fig. 7.2). Su valor es variable con las especies y variedades; así mientras en el manzano la longevidad del óvulo es de 10-15 días en el cerezo es de 4-5 días; por otra parte, el tiempo de desarrollo de los tubos polínicos también varía entre 1-3 días hasta 5-7 días, según especies. La degeneración de óvulos puede observarse a partir de la antesis, pero el número de flores que sufren el fenómeno aumenta progresivamente hasta la caída de pétalos. Una polinización tardía puede impedir, por tanto, que los granos de polen alcancen el saco embrionario cuando éste todavía es fértil, impidiendo, a su vez, la fecundación del óvulo.

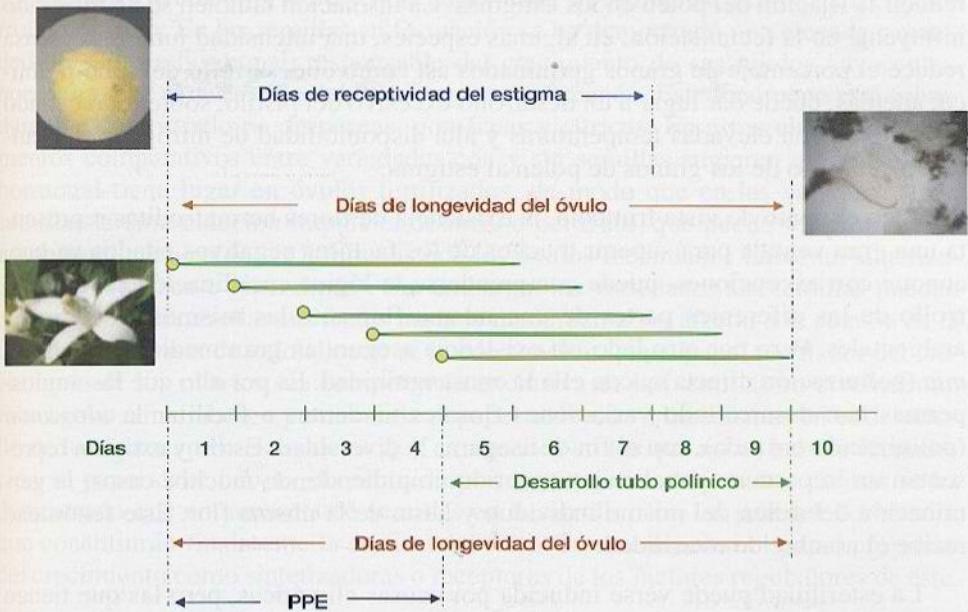


Figura 7.2. Periodo de polinización efectiva. La longevidad del óvulo es limitada en el tiempo, hasta el día 9 en este ejemplo. La receptividad del estigma también es limitada, 7 días en este caso.

Y al tubo polínico le cuesta 5 días alcanzar al saco embrionario en el ejemplo que se presenta.

Para que se produzca la fecundación, el grano de polen ha de depositarse sobre el estigma durante los 7 días que es receptivo y el tubo polínico ha de alcanzar el óvulo antes del día 9 o el mismo día 9.

La diferencia entre los días de longevidad del óvulo (9) menos el número de días que tarda el tubo polínico en alcanzar el saco embrionario (5) es el periodo de polinización efectiva (4 días).

Un grano de polen que cayera el día 6 (>4 días) sobre el estigma germinaría, pero su tubo polínico alcanzaría al saco embrionario fuera de plazo (el día 11>9) y no fecundaría al óvulo. Si cayera el día 8 o siguientes no germinaría (*adaptado* de Faust, 1989).

La polinización se ve afectada por las características ambientales, sobre todo la temperatura y la humedad relativa. El efecto de la temperatura puede ser indirecto, alterando la actividad de las abejas (principales polinizadores de los árboles frutales), o directo, induciendo la formación de polen estéril o afectando al crecimiento del tubo polínico. La eficacia de las abejas en el transporte del polen es máxima para una temperatura media de 20-22° C y prácticamente nula cuando es inferior a 12° C. En los agrios, una vez depositado el grano de polen sobre el estigma, su germinación y crecimiento a lo largo del estilo se ven favorecidos por temperaturas elevadas (25-30° C) y reducidos o totalmente inhibidos cuando éstas son bajas (< 20° C). En muchas variedades de peral, la velocidad de crecimiento del tubo polínico exige de temperaturas medias diurnas superiores a 12° C para ajustarse al periodo de polinización efectiva. El viento y la lluvia obstaculizan notablemente el vuelo de los insectos, reduciendo su eficacia como polinizadores. La humedad relativa baja (< 50%) se ha mostrado negativa para la fecundación en algunas especies, al reducir la retención del grano de polen por el estigma; asimismo, humedades relativas elevadas (> 90%) pueden dificultar la dehiscencia de las anteras o reducir la fijación del polen en los estigmas. La insolación también se ha mostrado influyente en la fecundación; en algunas especies, una intensidad luminosa escasa reduce el porcentaje de granos germinados así como el desarrollo del tubo polínico; además, puede dar lugar a un desarrollo excesivo del pistilo, sobre todo cuando se combina con elevadas temperaturas y alta disponibilidad de nitrógeno, dificultando el acceso de los granos de polen al estigma.

Bajo el punto de vista frutícola, la existencia de flores hermafroditas representa una gran ventaja para superar muchos de los factores negativos citados ya que, aunque con excepciones, puede comprenderse la lógica coordinación en el desarrollo de las diferentes partes de una misma flor ante las mismas condiciones ambientales. Pero por otro lado, su existencia asegura en gran medida, la *autogamia* (polinización directa) y con ella la consanguinidad. Es por ello que las angiospermas han desarrollado variaciones florales tendentes a facilitar la *alogamia* (polinización cruzada), con el fin de asegurar la diversidad. Estilo y estigma representan un importante papel en este sentido, impidiendo, en muchos casos, la germinación del polen del mismo individuo y hasta de la misma flor. Este fenómeno recibe el nombre de esterilidad.

La esterilidad puede verse inducida por causas climáticas, pero las que tienen verdadera importancia son las debidas a causas genéticas. Los tipos de esterilidad genética están resumidos en la figura 7.3. Especial referencia merece la esterilidad citológica, ya que afecta a los cultivares triploides. Los gametos de éstos, durante la meiosis, reciben distinto número de cromosomas, lo que anula su capacidad de fecundación. En manzanos, perales y cítricos, estas anomalías dan lugar a cigotos incapaces de desarrollarse, a pesar de que proceden de una fecundación aparentemente normal. En la práctica este tipo de esterilidad no impide el desarrollo del fruto, pero sus semillas no tienen embrión y no pasan de ser meros rudimentos

seminales. La ausencia de semillas es, para algunos frutos, un factor de alta calidad, por lo que no es extraño que la obtención de variedades triploides, aunque no son infalibles en este aspecto, sea un objetivo de gran importancia en todos los planes de mejora de estas especies.

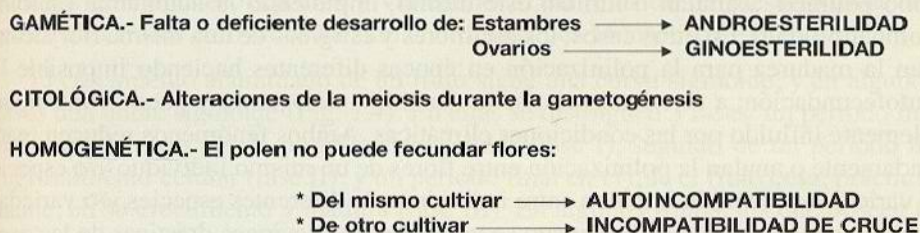


Figura 7.3. Tipos de esterilidad en los árboles frutales.

De acuerdo con ello, la presencia de semillas no es imprescindible para el desarrollo del fruto. En las semillas en formación se ha demostrado una elevada capacidad de síntesis hormonal, responsable del crecimiento de sus tejidos adyacentes, que promueve el desarrollo del fruto y evita su abscisión. Este fenómeno está sobradamente demostrado en drupáceas, pomáceas y cítricos. En estos últimos, experimentos comparativos entre variedades con y sin semillas sugieren que la síntesis hormonal tiene lugar en óvulos fertilizados, de modo que en las variedades con semillas la emasculación impide el desarrollo del fruto, que puede ser promovido, no obstante, aplicando las hormonas que los óvulos fecundados hubieran sintetizado (particularmente giberelinas). Sin embargo, las variedades sin semillas pueden cuajar bien y desarrollar sus frutos hasta la maduración sin afectar a la cuantía de la cosecha. A la vista de todo ello, no se puede concluir que el papel regulador del crecimiento de los ovarios sea competencia exclusiva de las semillas en crecimiento. Este hecho, sin embargo, no invalida el papel atribuido a las mismas en el desarrollo de los frutos, pero es evidente que en aquellos en los que no ha habido fecundación su papel debe haber sido asumido por otros tejidos. Así, en los cítricos se ha demostrado que en ausencia de semillas en desarrollo, son las paredes del ovario, que constituirán finalmente la corteza del fruto, las que asumen el papel promotor del crecimiento como sintetizadoras o receptoras de los factores reguladores de éste.

3. Partenocarpia

El desarrollo de un ovario sin semillas, es decir, *sin fecundación previa de sus óvulos*, recibe el nombre de *partenocarpia*. La esterilidad homogenética dificulta (cuando no impide) que los seres monoicos o hermafroditas se reproduzcan sexualmente sin la intervención de individuos de otra especie o cultivar. La incompatibilidad genética entre los granos de polen y el estigma receptor está ligada a un gen

de autoesterilidad con múltiples alelos, de modo que solamente el grano de polen cuyos alelos de autoesterilidad no coincidan con los alelos de los tejidos del estigma o del estilo, penetrará hasta los primordios seminales; si coincide, diversas reacciones de inmunidad, como fallos en el mecanismo de reconocimiento proteico polen-estigma, síntesis en el estilo y estigma de inhibidores del desarrollo del tubo polínico,... anulan o limitan este último, impidiendo la autogamia (autoincompatibilidad). En otros casos, los estambres y estigmas de una misma flor alcanzan la madurez para la polinización en épocas diferentes haciendo imposible la autofecundación; a este fenómeno se le denomina *dicogamia* y puede verse notablemente influido por las condiciones climáticas. Ambos fenómenos reducen marcadamente o anulan la polinización entre flores de un mismo individuo y/o especie o variedad, pero no la impiden entre individuos de diferentes especies y/o variedades. En algunos casos, el fenómeno se traduce en reducciones drásticas de la cosecha de frutos; para resolver este problema se recurre a la utilización de árboles de otras especies y/o variedades estratégicamente distribuidos, cuyo polen no presenta incompatibilidad con el pistilo de las flores de la variedad en cultivo y que ejercen la función de polinizadoras de éstas. En otros, se aprovecha la autoincompatibilidad para obtener frutos sin semillas.

La capacidad partenocárpica varía con las especies e inclusive entre variedades de una misma especie. Es habitual en especies tropicales (plataneras, ananas), frecuente en especies subtropicales (agrios) y de climas templados (vid, peral, manzano...), y muy rara en otras, como las drupáceas (melocotonero, ciruelo, cerezo,...), en las que los frutos no fecundados caen o apenas se desarrollan.

Son muchos los factores que condicionan la partenocarpia, tanto de origen endógeno como exógeno. Así, la polinización, la germinación del grano de polen y el desarrollo del tubo polínico, sin que en ningún caso se alcance la fecundación, provocan estímulos suficientes para que se inicie el desarrollo del ovario en ausencia de semillas. Estos casos en los que se requiere algún tipo de estímulo, se definen como casos de *partenocarpia estimulada*. El desarrollo del ovario sin ningún estímulo externo se define como *partenocarpia autónoma*. En ambos, el crecimiento de los tejidos es también consecuencia de la síntesis de hormonas que tiene lugar, como se ha dicho más arriba, en los tejidos del ovario. El estudio de variedades de cítricos con diferente capacidad partenocárpica ha revelado que es el contenido endógeno en las giberelinas de sus ovarios el factor responsable, de modo que en aquellas que son poco productivas, es posible aumentar la producción, esto es, aumentar el número de frutos que completan el desarrollo, con la aplicación de ácido giberélico. Del mismo modo, en variedades de manzano y peral con dificultades de polinización, la utilización de giberelinas para inducir la producción de frutos partenocárpicos es, actualmente, práctica habitual. El papel de las hormonas vegetales como promotores de la partenocarpia parece estar, por tanto, fuera de toda duda. Las condiciones ambientales, particularmente temperaturas elevadas ($> 20^{\circ}\text{C}$) y humedades relativas altas ($> 85\%$), promueven el desarrollo de frutos partenocárpicos.

4. El desarrollo del fruto. Fases

Tras la fecundación o el estímulo partenocárpico del ovario, éste inicia su desarrollo hasta convertirse en fruto maduro. Esta transición tiene lugar en fases sucesivas, con características bien definidas, pero variables en duración, según las condiciones ambientales, especies y variedades. Una revisión del desarrollo de los principales frutos cultivados ha sido coordinada por Monselise (1986).

El crecimiento acumulado de un fruto sigue una curva sigmoide, y en algunos casos una doble sigmoide (Fig. 7.4). En ellas se distinguen 3 fases: un periodo inicial caracterizado por la proliferación celular (fase I), seguido de un periodo de engrosamiento celular (fase II), y un periodo final en el que el fruto cesa, prácticamente, en su crecimiento y madura (fase III). En algunos frutos, los que poseen el endocarpo duro (hueso), la transición de la fase I a la fase II se caracteriza por presentar un estado intermedio en el que el crecimiento del fruto se detiene al mismo tiempo que se lignifica el endocarpo; esta fase sin crecimiento da lugar a una curva doble sigmoide.

El crecimiento de un fruto se ve mayoritariamente influido, en la mayor parte de los casos, por el crecimiento de su parte comestible. Durante las 2-10 semanas siguientes a la antesis, según especies y variedades, el crecimiento de ésta es consecuencia de la división celular y se intensifica con el tiempo, dando lugar a una curva exponencial. Tras alcanzar un máximo de actividad, la mitosis cesa paulatinamente, al mismo tiempo que el engrosamiento celular va adquiriendo importancia. Este nuevo periodo es de crecimiento lineal y en él el fruto adquiere, por término medio, hasta el 80% de su tamaño final, culminando con una ralentización progresiva del crecimiento, que cesa, y el fruto cambia de color y madura.

En los frutos de hueso, la fase de lignificación del endocarpo se ha descrito como una prolongación de la fase I, caracterizada por una reducción progresiva de la tasa mitótica y una diferenciación de las células del endocarpo que aumentan espectacularmente su contenido en lignina y otras sustancias cementantes. Cuando el desarrollo del fruto es muy rápido, este estado apenas es perceptible, como ocurre en las variedades precoces de melocotoneros, albaricoqueros y ciruelos. En éstas, el final de la división celular, la diferenciación de las células del endocarpo y el inicio del engrosamiento celular, se solapan en el tiempo y no es fácil detectar el estado en el que cesa, temporalmente, el crecimiento. Las variedades tardías son de desarrollo más lento y, por tanto, en ellas la separación entre las fases I y II es más prolongada.

Las diferentes partes de un fruto crecen de modo distinto. En los frutos de crecimiento sigmoide, los carpelos, la nucela y el embrión adquieren su tamaño casi definitivo durante la fase I del desarrollo del fruto. La pulpa, o desarrollo de los tejidos comestibles, determina mayoritariamente las fases I y II del desarrollo (Fig. 7.4A). Un desarrollo semejante presentan las diversas partes de los frutos de desarrollo en doble sigmoide (Fig. 7.4B). En ambos tipos de frutos, sin embargo, exis-

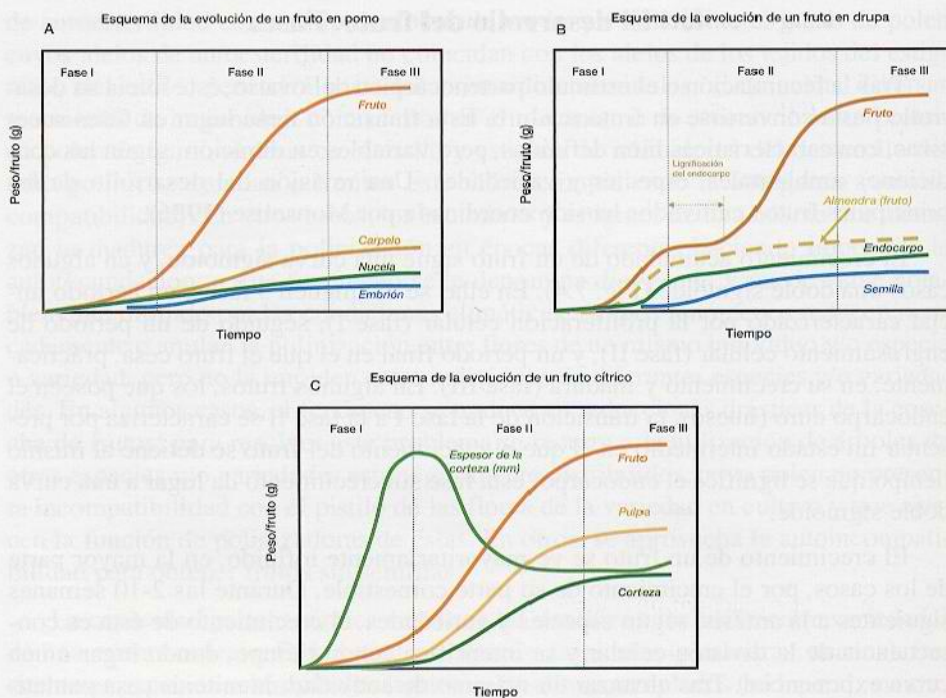


Figura 7.4. Esquema del desarrollo de los frutos de pepita (A), de hueso (B) y cítricos (C)
(Fuente: Agustí, 2000).

ten casos particulares notables. De entre los primeros merecen ser destacados los cítricos (Fig. 7.4C), cuya corteza adquiere un desarrollo peculiar. En la antesis de la flor, la corteza (pared del ovario) representa el 60% de la sección transversal del ovario, aproximadamente; durante la fase I de desarrollo del fruto la actividad mitótica del endocarpo promueve la formación de las vesículas que, progresivamente, van llenando los lóculos, la corteza crece intensamente en espesor hasta alcanzar, aproximadamente, el 85% de dicha sección a los 60-70 días de la antesis; a partir de entonces su espesor va reduciéndose paulatinamente como consecuencia de la presión que, desde el interior del fruto, ejerce la pulpa en crecimiento, llegando a su mínimo espesor cuando el fruto cambia de color; un crecimiento posterior, durante la maduración, ha sido registrado en algunas variedades. De entre los segundos, es relevante el caso del almendro. Su fruto es una drupa seca, y crece en dos fases: una inicial de rápido crecimiento, y una segunda de crecimiento prácticamente nulo (Fig. 7.4B). Es decir, la almendra posee dos periodos de desarrollo equivalentes a las fases de división celular y de lignificación del endocarpo de las drupáceas carnosas, y carece de la fase de crecimiento lineal, lo que resulta lógico ya que su mesocarpo apenas aumenta de volumen; su desarrollo, por tanto, se asemeja al del endocarpo de éstas.

4.1. El desarrollo inicial del fruto. Cuajado

El proceso que marca la *transición del ovario de la flor a fruto en desarrollo* se denomina *cuajado*. Este paso supone la iniciación de un crecimiento rápido de los tejidos del ovario; si dicho crecimiento no se inicia, o una vez iniciado cesa, el ovario se desprende y, por tanto, no cuaja. El desarrollo posterior del ovario es consecuencia de la división celular del pericarpo.

Para que el cuajado se produzca, Faust (1989) indica que son necesarios tres pre-requisitos: en primer lugar, la existencia de yemas florales maduras, bien formadas y nutridas; en segundo lugar, un régimen de temperaturas durante la antesis e inmediatamente después, que asegure una buena polinización, el desarrollo del tubo polínico y la fecundación, o que sea compatible con la partenocarpia; y en tercer lugar un aporte adecuado de fotosintatos cuando el ovario inicie el desarrollo. Aquellos frutos en los que alguno de estos factores no sea satisfecho presentarán un cuajado deficiente, lo que significa que, a los pocos días de la antesis, caerán. En los que los tres requisitos se cumplan, se inicia un periodo activo de división celular o fase I del crecimiento del fruto, de duración variable con las especies, desde unos pocos días (especies hortícolas, en general) hasta varios meses (dátil, kiwi, uva, nuez macadamia, cítricos,...).

La mitosis es un proceso muy exigente en energía. Durante la fase de crecimiento exponencial de los frutos, son todos sus tejidos los que aumentan su número de células, y la acción conjunta de todos ellos es la que hace exigente al fruto en energía. El aporte de carbohidratos al fruto en desarrollo resulta, por tanto, crucial. Si la planta no es capaz de satisfacer dicha necesidad, el fruto pierde su ritmo de crecimiento y se desprende de ella. La caída o abscisión de los frutos se da en todas las especies cultivadas, pero no es uniforme en el tiempo. Así, se ha detectado una caída comprendida entre la pre-antesis y la caída de pétalos, una segunda caída tras el cuajado de frutos que inician el desarrollo, y una tercera al final de la fase de división celular. La separación entre ellas es inequívoca si se atiende al tipo de órganos que caen, pero resulta muy difícil si se atiende al árbol como individuo, porque se solapan ampliamente a lo largo del tiempo. En el hemisferio norte, la última ola de caída se presenta en el mes de junio, razón por la que se denomina *caída de junio*; puesto que las razones del proceso son fisiológicas, resulta más apropiado el término *caída fisiológica de frutos* para definirlo.

Bajo este punto de vista, el cuajado del fruto es un proceso de autorregulación fisiológica, de modo que en muchas especies leñosas el número de flores por planta formadas excede en mucho al número de frutos recolectados. Así, en el melocotonero, el 30-35% de las flores formadas acaba siendo un fruto maduro, en el manzano este porcentaje desciende hasta el 5% y en algunas naranjas se han registrado porcentajes inferiores al 1% de las flores formadas. En unas pocas especies, por el contrario, o algunas variedades, puede darse el caso de un cuajado excesivo. En estos casos, en los que el número de frutos supera la capacidad de la planta por nutrirlos, el tamaño

final del fruto puede ser pequeño. En ocasiones, la presencia de un gran número de frutos puede elevar considerablemente el contenido hormonal endógeno y restringir seriamente la acumulación de reservas en las raíces, lo que deriva en la alternancia de cosechas (producción de frutos uno de cada dos o más años), cuando no en el colapso y la muerte del árbol (como en algunas variedades de agrios con semillas).

La abscisión se produce en zonas predeterminadas denominadas capas de abscisión. En los frutos recién cuajados, la separación se produce en la zona de unión del tallo con el pedúnculo; con el tiempo, la zona de abscisión se traslada al punto de unión del cáliz con el fruto. El proceso envuelve cambios anatómicos y bioquímicos que culminan con la separación física entre el fruto, que cae, y la planta. Se inicia con una división y elongación de las células, seguidas de la desaparición de sus granos de almidón, el colapso de las paredes celulares, que se vuelven gelatinosas, y la disolución de las láminas medias. La hidrólisis de los componentes de estas últimas es debida a los enzimas celulasa y poligalacturonasa, cuya actividad se incrementa justo antes de la formación de la capa de abscisión.

En las plantas leñosas, la intensidad de la abscisión de frutos en desarrollo está ligada a los fenómenos de competencia, principalmente por carbohidratos, como se ha dicho más arriba. Diferentes razones apoyan esta hipótesis: 1) la abscisión es tanto más intensa cuanto mayor es el número de frutos que han iniciado el desarrollo; 2) las hojas juegan un papel fundamental en el proceso del cuajado; y 3) la aplicación de técnicas capaces de aumentar la disponibilidad de carbohidratos reduce el número de frutos que caen.

La relación directa entre número de frutos caídos y número de frutos en desarrollo ha sido comprobada en numerosas especies. En estos casos, a pesar de que las semillas confieren al fruto un poder sumidero capaz de reclamar metabolitos en cuantía suficiente para asegurar su desarrollo, si el número de frutos es muy elevado la planta es incapaz de atender la demanda de carbohidratos de la mayor parte de ellos, que acaban por caer. En el manzano y el peral, la eliminación de una parte de las inflorescencias o de una parte de las flores de cada inflorescencia, esto es, la reducción de la competencia entre frutos, incrementa el cuajado y, por tanto, la producción. A este respecto, juega un papel esencial la posición del fruto en la planta, es decir, su situación respecto de las hojas y, por tanto, el tipo de inflorescencia o rama en las que se encuentra, de modo que los frutos que no caen, o lo hacen en menor proporción, son los más avanzados en desarrollo.

El papel de las hojas en el proceso del cuajado es consecuencia de su capacidad para sintetizar y exportar metabolitos al fruto en desarrollo. Pero este papel no es uniforme en el tiempo. En efecto, mientras se desarrolla el brote sus hojas actúan como sumidero reclamando metabolitos de otras partes de la planta. Así, la brotación durante la caída fisiológica de los frutos puede intensificar ésta en los cítricos; del mismo modo, en el manzano y en el peral la supresión del brote en crecimiento situado en la base de inflorescencias procedentes de yemas mixtas incrementa el cuajado de sus flores. Pero a medida que maduran, las hojas se convierten en órga-

nos de exportación, y ello coincide con la intensificación progresiva de la capacidad sumidero del fruto, que acaba dominando sobre el de las hojas. Estas relaciones hojas- frutos se han puesto de manifiesto en muchas especies, pero resulta particularmente ilustrativo el caso de la vid. La translocación de azúcares en esta especie es, inicialmente, acrópeta; después son transportados desde las hojas, cada vez más adultas, hacia los racimos; finalmente el transporte es basípeta. Estos cambios de polaridad evidencian las relaciones fuente-sumidero entre hojas y frutos. Pero una demostración definitiva del papel de las hojas en el cuajado del fruto la constituyen los experimentos de defoliación desarrollados en los cítricos. La eliminación de las hojas al inicio de la fase I de división celular del fruto, provoca la abscisión de los frutos en intensidad equivalente a la intensidad de la defoliación (Fig. 7.5). Como consecuencia de la defoliación, el contenido en sacarosa de los frutos se reduce marcadamente, encontrándose una correlación positiva entre su concentración en el fruto y el crecimiento de éste, y negativa con su abscisión. El aporte de este azúcar desde las hojas al fruto resulta crucial para el cuajado.

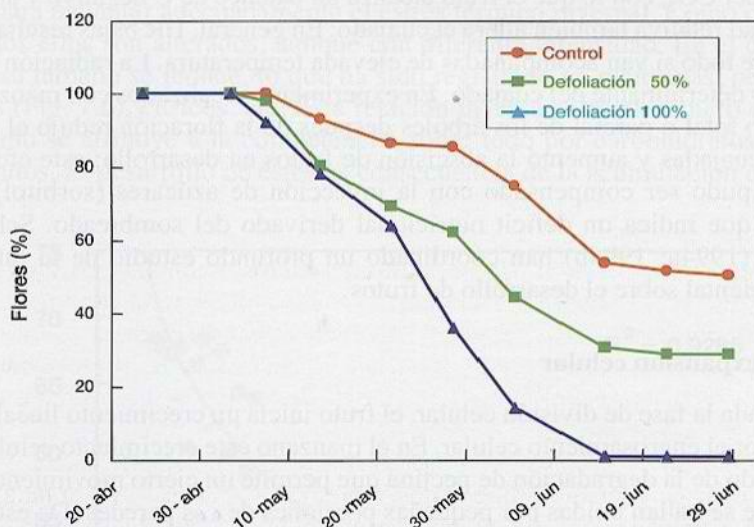


Figura 7.5. Influencia de la presencia de hojas en la abscisión de flores y frutos recién cuajados en los agrios. Valores expresados como porcentaje de los órganos que permanecen en el árbol (Fuente: Agustí, 2000).

Los estudios sobre compartimentación y distribución de azúcares marcados con ^{14}C ratifican el transporte de estas sustancias desde las hojas a los frutos en desarrollo. En el manzano, se ha demostrado que para que un fruto alcance los 100 g precisa una superficie foliar de 200 cm^2 , y en estas condiciones el 35%-50% del C fijado como CO_2 por las hojas es transportado al fruto. Al igual que en los cítricos, en esta especie, la eliminación de las hojas próximas al fruto reduce, y hasta suprime, su cuajado. Finalmente, la aplicación de inhibidores de la fotosíntesis provoca la abscisión de frutos en el melocotonero; en esta especie se ha demostra-

do una correspondencia casi estricta entre la exigencia de carbohidratos por parte del fruto en desarrollo y las secuencias temporales de la tasa fotosintética.

Esta influencia de las hojas sobre el cuajado está regulada hormonalmente por el propio fruto, como ya se ha indicado, que adquiere un elevado poder de atracción de carbohidratos (capacidad sumidero). Aquellos frutos que por su posición o tipo de inflorescencia en el que están situados cuajan con mayor facilidad poseen, al mismo tiempo, una mayor capacidad de movilización de nutrientes, lo que relaciona aspectos nutricionales y hormonales en el proceso del cuajado.

Las condiciones climáticas pueden afectar notablemente al proceso del cuajado. En pomáceas y drupáceas, temperaturas inferiores a 10-15° C se han mostrado limitantes, aunque son muchas las excepciones. En los cítricos, temperaturas muy elevadas (> 35° C) durante la fase I del desarrollo, pueden provocar una caída masiva de frutos, sobre todo si el estado hídrico del árbol no es el adecuado; estas condiciones provocan el cierre estomático y, con ello, una reducción de la asimilación neta del CO₂, con lo que el fruto alcanza un balance de C negativo y abscinde. La humedad relativa también altera el cuajado. En general, HR bajas resultan negativas, sobre todo si van acompañadas de elevada temperatura. La radiación solar es otro factor determinante del cuajado. En experimentos realizados con manzanos, el sombreado total o parcial de los árboles después de la floración redujo el número de flores cuajadas y aumentó la abscisión de frutos en desarrollo; este efecto, sin embargo, pudo ser compensado con la inyección de azúcares (sorbitol) en las ramas, lo que indica un déficit nutricional derivado del sombreado. Schaffer y Andersen (1994a; 1994b) han coordinado un profundo estudio de la influencia medioambiental sobre el desarrollo de frutos.

4.2. La expansión celular

Superada la fase de división celular, el fruto inicia un crecimiento lineal, caracterizado por el engrosamiento celular. En el manzano este crecimiento celular se ve acompañado de la degradación de pectina que permite un cierto movimiento de las células que se hallan unidas por pequeñas porciones de sus paredes. De este modo se forman gran cantidad de espacios aéreos intercelulares y la densidad del fruto descende. Los frutos que más crecen son los que poseen espacios aéreos más amplios y reclaman, además, menores cantidades de carbohidratos desde el resto de la planta que los más densos. En peras y melocotones, el desarrollo de estos espacios intercelulares es muy inferior al de las manzanas y su desarrollo es más lento. En los cítricos, el crecimiento durante esta fase no está ligado a la aparición de los espacios citados sino a la expansión de las vesículas que se llenan de azúcares, ácidos y agua; este crecimiento de la pulpa es rápido y ejerce una presión continua sobre la corteza que, progresivamente, se va adelgazando.

El crecimiento de los frutos durante esta fase no es uniforme. De hecho solamente crecen durante la noche. En las manzanas, el diámetro del fruto durante el

día sufre una depresión de unos 0,4 mm, por término medio, que se ve compensada con creces por el crecimiento nocturno, que es del orden de 3 veces superior, es decir de 1,2 mm, aproximadamente. Este tipo de crecimiento es prácticamente general para todos los frutos, de modo que el crecimiento aparentemente lineal, sigue una línea quebrada de pendiente global positiva. Durante el día, la transpiración reduce el potencial hídrico del xilema, que alcanza sus valores más bajos, lo que afecta a ramas y frutos que aportan agua al torrente xilemático y con ello ven reducirse su expansión; cuando el potencial hídrico se recupera, durante la tarde y la noche, el crecimiento se reinicia y los tallos y frutos recuperan también su tamaño o aumentan de volumen (Faust, 1989).

En condiciones óptimas, las plantas tienden a producir un elevado número de frutos. Cuando ello ocurre, éstas son incapaces de satisfacer a plenitud, simultáneamente, todos los procesos del desarrollo, esto es, un desarrollo adecuado de los frutos, la formación de un número suficiente de yemas de flor para el ciclo siguiente, un crecimiento radicular óptimo y una acumulación de reservas suficiente para aguantar adecuadamente el estrés térmico invernal. Como consecuencia, todos ellos son alterados, aunque con diferente intensidad. En el caso de los frutos, su tamaño se reduce, lo que ha sido registrado en manzanas, peras, melocotones (Fig. 7.6), cítricos, etc. Esta relación inversa entre el número de frutos y su tamaño se atribuye a la competencia, sobre todo por carbohidratos, existente entre frutos. El desarrollo de éstos es consecuencia de la acumulación de metabo-

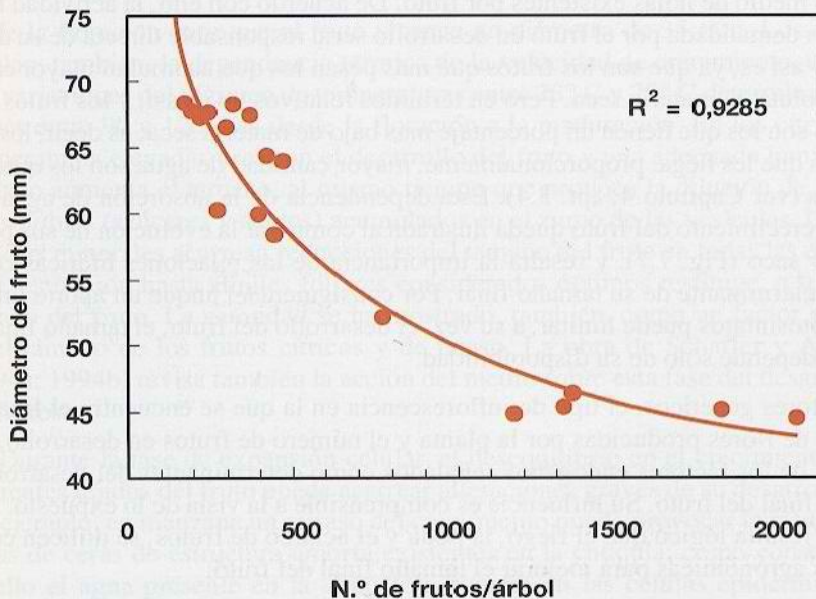


Figura 7.6. Relación entre el número de frutos cosechados por árbol y su tamaño final en el melocotonero, cv. 'Springlady' (Fuente: Agustí, 2000).

litos, que puede ser limitada por la incapacidad del propio fruto para acumularlos o por la falta de disponibilidad en la planta. Esta última se ve marcadamente reducida cuando el número de frutos es muy elevado, pero puede ser favorablemente modificada, reduciendo la competencia entre frutos en desarrollo mediante la eliminación, manual o químicamente, de una parte de ellos (aclareo). En el melocotonero, la demanda de carbohidratos del fruto ha sido cuantificada a lo largo de todo el periodo de su desarrollo, determinándose que durante la fase de expansión celular la capacidad fotosintética del árbol para proveer de sustratos al fruto puede llegar a ser limitante.

Las relaciones de competencia, sin embargo, son mucho más complejas y no solo afectan a las relaciones mutuas entre frutos (ver Capítulo 4, apt. 3.4). Así, el crecimiento del fruto se lleva a cabo, generalmente, a expensas del crecimiento de la raíz. La presencia de frutos también reduce el desarrollo vegetativo en el manzano y melocotonero; con ello se reduce la síntesis de fotoasimilados, lo que contribuye a agravar los fenómenos de competencia entre frutos en desarrollo. La disminución de una parte de éstos, que reduce la competencia entre ellos, restituye el desarrollo vegetativo.

Un aspecto de interés lo constituye la diferencia de tamaños entre frutos existentes en un mismo árbol, ya que ello permite el estudio comparativo de su *status* sin modificar el individuo que los sustenta. Según Faust (1989), estas diferencias pueden ser explicadas en función de la exposición del árbol a la luz más que por el número medio de hojas existentes por fruto. De acuerdo con ello, la actividad fotosintética demandada por el fruto en desarrollo sería responsable directa de su desarrollo, y así es, ya que son los frutos que más pesan los que acumulan mayor cantidad absoluta de materia seca. Pero en términos relativos no es así, y los frutos más grandes son los que tienen un porcentaje más bajo de materia seca; es decir, los frutos a los que les llega, proporcionalmente, mayor cantidad de agua son los que crecen más (ver Capítulo 4, apt. 3.4). Esta dependencia de la absorción de agua que tiene el crecimiento del fruto queda ilustrada al comparar la evolución de sus pesos fresco y seco (Fig. 7.7), y resalta la importancia de las relaciones hídricas como factor determinante de su tamaño final. Por consiguiente, aunque un aporte limitado de fotosintatos puede limitar, a su vez, el desarrollo del fruto, el tamaño final de éste no depende sólo de su disponibilidad.

Factores genéticos, el tipo de inflorescencia en la que se encuentra el fruto, el número de flores producidas por la planta y el número de frutos en desarrollo, son algunos de los factores endógenos señalados como determinantes del desarrollo y tamaño final del fruto. Su influencia es comprensible a la vista de lo expuesto. Asimismo, resulta lógico que el riego, la poda y el aclareo de frutos, se utilicen como técnicas agronómicas para mejorar el tamaño final del fruto.

Las bajas temperaturas (en general, inferiores a 10° C), reducen el tamaño del fruto. En el plátano cv. 'Poyo', se ha demostrado la necesidad de acumular 900° C

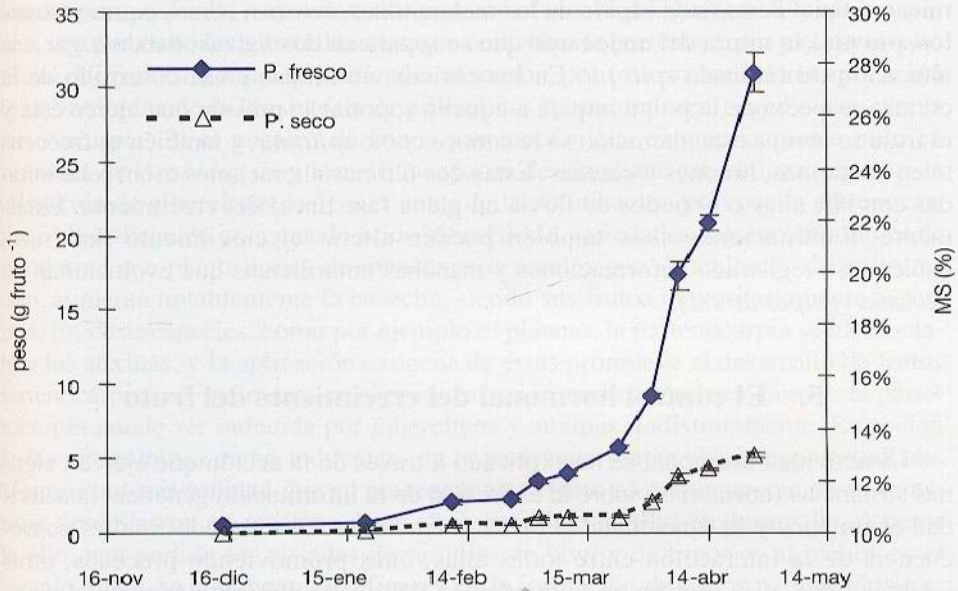


Figura 7.7. Evolución del peso fresco y el peso seco de los frutos del níspero japonés
(Fuente: Gariglio, N., A. Castillo, M. Juan, V. Almela y M. Agustí. 2002. *El níspero japonés. Técnicas para mejorar la calidad del fruto*. Generalitat Valenciana, Serie Divulgació Tècnica n° 52, 61 pp).

desde la floración para que el fruto alcance un diámetro de 35 mm. Los estudios revelan, también, la dependencia térmica de la velocidad de crecimiento, de modo que variaciones del régimen de temperaturas entre 23° C y 29° C determinan variaciones entre 90 y 120 días desde la floración a la maduración. En los cítricos, las temperaturas elevadas aceleran el desarrollo del fruto y una adecuada humedad en el suelo aumenta el tamaño, al mismo tiempo que provoca la dilución de los sólidos solubles (azúcares y ácidos) acumulados en el zumo de las vesículas. Las deficiencias minerales acarrear reducciones del tamaño del fruto en todas las especies, y su restitución hasta niveles foliares considerados óptimos restituye, a su vez, el tamaño del fruto. La salinidad se ha mostrado, también, como un factor negativo en el tamaño de los frutos cítricos y de hueso. La obra de Schaffer y Andersen (1994a; 1994b) revisa también la acción del medio sobre esta fase del desarrollo de los frutos.

Durante la fase de expansión celular, el desequilibrio en el crecimiento de los diferentes tejidos del fruto puede acarrear alteraciones graves de su desarrollo. Así, por ejemplo, en manzana un retraso del crecimiento puede provocar la rotura de las capas de ceras de estructura amorfa existentes en la cutícula; como consecuencia de ello el agua presente en la atmósfera penetra en las células epidérmicas que mueren, y las células vecinas forman capas de felodermo sobre la superficie del fruto dando lugar a la alteración conocida como *russetting*. Por contra, un creci-

miento inicial demasiado rápido de los melocotones, cerezas, albaricoques y ciruelos, provoca la rotura del endocarpo que se separa en dos valvas, dando lugar a la alteración denominada *split pit*. En los cítricos, un retraso en el desarrollo de la corteza respecto de la pulpa impide a aquella soportar la presión que ejerce ésta y el fruto se abre; a esta alteración se la conoce como *splitting*, y también es frecuente en nectarinas, limones y cerezas. Estas dos últimas alteraciones están relacionadas con HR altas o periodos de lluvia en plena fase lineal del crecimiento. Finalmente, iluminaciones altas también pueden alterar el crecimiento del fruto, habiéndose registrado deformaciones y manchas amarillentas que evolucionan en necrosis (*golpes de sol*).

5. El control hormonal del crecimiento del fruto

La actividad hormonal se ha explicado a través de la acción que ejercen algunas sustancias (hormonas) sobre la expresión de la información genética, la actividad enzimática y la funcionalidad de las membranas. El resultado final es consecuencia de la interacción entre todas ellas, unas promoviendo procesos, otras inhibiéndolos, y se traduce en la regulación del desarrollo (reguladores del desarrollo). En el caso de los frutos, dicho resultado depende tanto de la biosíntesis por el propio fruto de diversas hormonas, como del transporte a él o de la exportación a otras partes de la planta, y de su inactivación a través de su conjugación con otros compuestos o de su catabolismo. En la mayor parte de los casos, como ya se ha dicho, las hormonas se sintetizan en las semillas y ejercen su acción a través del desarrollo de las mismas. La excepción más notable son los frutos partenocárpicos, pero también en ellos el desarrollo está regulado hormonalmente.

Los trabajos pioneros de Luckwill en los años 40 demostraron la presencia de auxinas en las semillas de las manzanas durante su desarrollo inicial. Aunque éstas no fueron relacionadas con el cuajado, sí lo fueron con la abscisión de frutos, previniéndola. En los años 50, Abbott consiguió demostrar que la eliminación de las semillas promovía la abscisión del fruto y que aquellas podían ser sustituidas en su acción por la adición de auxinas (una pasta de lanolina conteniendo ácido naftalenacético). Se había relacionado la persistencia y crecimiento del fruto con la presencia de las semillas y demostrado la acción de éstas por la presencia de sustancias reguladoras del desarrollo sintetizadas en ellas. Actualmente son numerosos los estudios al respecto y, aunque con muchas lagunas de conocimiento todavía, es posible tener una idea del control del desarrollo de un fruto cercana a la realidad.

En peras y mandarinas, cuando se impide (mediante emasculación) la formación de semillas, el contenido en giberelinas de los frutos es menor que en aquellos que han desarrollado frutos normalmente. Sin embargo, los frutos con cuajado partenocárpico contienen mayores niveles de giberelinas, lo que explica su tendencia a cuajar en ausencia de polinización o fertilización. Este comportamiento ha sido

demostrado en peras, manzanas, cítricos, arándano, uva higos, etc. En estas especies, son por tanto las giberelinas las que controlan la partenocarpia y el desarrollo inicial del fruto. Ello queda ratificado, al menos, por tres razones: 1) la aplicación de un inhibidor de la biosíntesis de giberelinas (pactrobutrazol) inhibe a su vez la partenocarpia; 2) el número de frutos partenocárpicos es prácticamente nulo en mutantes de *Arabidopsis* y tomate incapaces de sintetizar giberelinas; en ellos la aplicación de giberelinas exógenas antes de la polinización provoca la partenocarpia; 3) la aplicación exógena de ácido giberélico a variedades autoincompatibles de mandarina o a plantaciones de manzanos o perales con dificultades de polinización, aumenta notablemente la cosecha, siendo sus frutos mayoritariamente aspermos. En otras especies, como por ejemplo el plátano, la partenocarpia se ha asociado a las auxinas, y la aplicación exógena de éstas promueve el desarrollo de frutos partenocárpicos. Finalmente en algunas especies, como arándano, higo,... la partenocarpia puede ser inducida por giberelinas y auxinas, indistintamente. La acción de las citoquininas como inductoras de la partenocarpia ha sido menos estudiada. Algunos autores señalan que su presencia en el fruto es consecuencia de su transporte desde las raíces mas que de su síntesis en las semillas en desarrollo. A pesar de ello, han podido ser aisladas de semillas de kiwi y de limón y, al menos en el naranjo dulce, se han mostrado eficaces en la formación de frutos partenocárpicos.

Los inhibidores del desarrollo actúan impidiendo el desarrollo del fruto, esto es, provocando su abscisión. Como quiera que su presencia es general en todos los frutos, con semillas y sin semillas, su acción se entiende en interacción con los promotores, de modo que es el equilibrio entre ambos grupos de reguladores del desarrollo el que determina el cuajado y el desarrollo posterior del fruto. Una vez cuajada la flor, esto es, desprendida de sus tejidos anejos al ovario e iniciado el crecimiento de éste, la capacidad sumidero del fruto, promovida por su contenido endógeno en promotores del desarrollo, y la capacidad de la planta para nutrirlos, limitada por la competencia entre órganos en desarrollo, determinan el número final de frutos que alcanzará la maduración a través de su abscisión (ver apt. 4.1). La evolución de los contenidos del fruto en promotores e inhibidores, paralelamente a la evolución de la abscisión, ha sido estudiada en diversos frutos y ayuda a comprender el papel de cada uno de ellos en el desarrollo de la masa de frutos y, sobre todo, a comprender su acción conjunta. En la mandarina Satsuma, una especie con esterilidad gamética masculina pero con un elevado grado de partenocarpia natural y, por tanto, de cuajado, el drástico descenso de la concentración de ácido indolacético en los ovarios registrado a los 25-30 días de la antesis, coincidente con un aumento de la concentración de ácido abscísico, antecede a la caída fisiológica de frutos. La posibilidad de que un descenso del ratio promotores/inhibidores sea la causa de la abscisión de los frutos en sus primeras fases de desarrollo parece, por tanto, factible. Una relación causa-efecto entre el incremento de la concentración de ABA en los frutos y su abscisión se ha demostrado también para peras, melocotones y clementinas partenocárpicas. En variedades de mandarinas con semillas en las que la caída fisiológica de frutos es inferior, la evolución de la con-

concentración de auxinas es similar a la encontrada en la mandarina Satsuma, pero la de ABA es muy baja a lo largo de toda la fase I de crecimiento del fruto.

Llegado este punto es necesario destacar que lo revisado hasta aquí hace referencia a un fruto tipo en relación con la presencia o no de semillas y el papel de éstas o de sus sustitutos en la síntesis de promotores del cuajado de aquél. A partir de aquí, esto es, superada la fase de cuajado, el desarrollo del fruto no es indiferente a la presencia de otros frutos en la planta y, por tanto, su control depende de sí mismo y de sus relaciones con todos los presentes en ella.

La fase de expansión celular (fase II del desarrollo del fruto) parece estar regida por las auxinas en la mayor parte de los frutos, si bien con excepciones notables, como es el caso de la uva en el que están ligados solo a la fase de división celular. En el melocotón se han detectado dos picos en la concentración de ácido indolacético (AIA) que preceden a las fases de división y expansión celular, respectivamente, separados por un descenso de aquella coincidente con la fase en la que se detiene el crecimiento del fruto mientras lignifica el endocarpo. El plátano, arándano, dátil e higo, entre otros frutos, siguen un comportamiento similar. En el olivo, los niveles de auxinas son considerablemente más bajos que en los frutos citados.

En el tomate se ha estudiado la evolución de la concentración de AIA en sus tejidos en comparación con la de su tasa de crecimiento. En el pericarpo la concentración es muy baja en todo el periodo de desarrollo; por contra, en la placenta y en los tejidos gelatinosos locales que contienen a las semillas, la concentración de AIA aumenta gradualmente hasta alcanzar un máximo a mitad, aproximadamente, del desarrollo del fruto y desciende bruscamente a continuación, permaneciendo muy baja hasta la maduración. Pero la tasa diaria de crecimiento del fruto no está acompañada con estas variaciones, ya que alcanza sus máximos valores unos 10 días antes de que se alcance el máximo en la concentración de AIA, de modo que cuando tiene lugar éste la tasa de crecimiento diaria del fruto está ya disminuyendo, pero sigue creciendo cuando ya la concentración de AIA de la placenta ha alcanzado sus valores más bajos. Ello indica que el AIA no tiene un efecto directo sobre su desarrollo. Su acción debe estar restringida a las semillas e implicada en el crecimiento del embrión, sobre el que crea un potente efecto sumidero del que se aprovecha el pericarpo para crecer. Una prueba de ello es la relación existente entre el número de semillas por fruto y su crecimiento, más rápido y con un resultado mayor en su tamaño final cuanto mayor es el número de aquellas. Esta relación positiva entre el número de semillas por fruto y su tamaño final también se ha demostrado en el kiwi, uva, cítricos, manzana, pera, níspero, etc. A pesar de ello, es decir, aunque se trate de un efecto indirecto, la acción de las auxinas sobre la expansión celular se ha aprovechado para acelerar el desarrollo del fruto y/o aumentar su tamaño final, con el fin de anticipar la recolección y/o mejorar su calidad, respectivamente. En los cítricos, uva, melocotón, ciruelas, cerezas, albaricokes,... la aplicación de auxinas de síntesis al inicio de la fase de expansión celular promueve el desarrollo del fruto, logrando los resultados señalados. En todos los

casos su acción se ha explicado a través de un incremento del contenido en materia seca del fruto, es decir, de su capacidad sumidero. Y en todo caso, ratifica su acción de control sobre la fase de engrosamiento celular.

El papel de las giberelinas, citoquininas y ácido abscísico en esta fase del desarrollo del fruto es menos relevante. No obstante, el nivel de giberelinas se ha relacionado con la expansión celular en melocotón y ciruela, y en las aceitunas la concentración de citoquininas aumenta hasta la maduración. Los contenidos en ABA son, en general, muy bajos durante esta fase del desarrollo de la mayor parte de los frutos.

6. Referencias bibliográficas

- Agustí, M. 2000. «Crecimiento y maduración del fruto. En: *Fundamentos de Fisiología Vegetal*», J. Azcón-Bieto y M. Talón (Eds.), McGraw-Hill Interamericana de España SAU y Ed. Univ. Barcelona, Madrid, España, pp 419-433.
- Brady, C.J. 1987. «Fruit ripening». *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 38:155-178.
- Faust, M. 1989. *Physiology of temperate zone fruit trees*. John Wiley & Sons, Nueva York, EE.UU.
- Monselise, S.P. 1986. *Handbook of fruit set and development*. CRC Press, Boca Ratón, Florida, EE.UU.
- Schaffer, B. y Andersen, P.C. 1994a. *Handbook of environmental physiology of fruit crops*. Volume I. *Temperate crops*. CRC Press, Boca Ratón, Florida, EE.UU.
- Schaffer, B. y Andersen, P.C. 1994b. *Handbook of environmental physiology of fruit crops*. Vol. II. *Subtropical and tropical crops*. CRC Press, Boca Ratón, Florida, EE.UU.
- Strasburger, E.; Noll, F.; Schenk, H. y Schimper, A.F.W. 1986. *Tratado de Botánica* (7ª ed.). Editorial Marín, S.A., Barcelona, España.

CAPITULO 8

MADURACION DEL FRUTO. SENESCENCIA

1. El proceso de la maduración. Tipos de frutos

La maduración se define como el conjunto de cambios externos, de sabor y de textura que un fruto experimenta cuando completa su crecimiento. Esta fase de su desarrollo incluye procesos como la coloración del pericarpo, el descenso en el contenido en almidón, incremento de la concentración de azúcares, reducción de la concentración de ácidos, pérdida de firmeza, y otros cambios físicos y químicos. Superada esta fase, el fruto pierde turgencia, aumenta su sensibilidad a las condiciones del medio, pierde el control metabólico e inicia su senescencia. Esta puede ser pospuesta, tanto antes como después de la recolección; pero el fruto, como todo órgano vivo, es mortal, aunque sus semillas, si las posee, sobreviven y perpetúan la especie. Brady (1987) y Tucker y Grierson (1987) han estudiado con profundidad la maduración.

El proceso de la maduración varía con los frutos. Así, pomos, drupas y bayas, por ejemplo, modifican profundamente las características de su pericarpo, mientras que en las núculas, folículos y algunas legumbres y drupas, es el endocarpo o las semillas las que se modifican. Pero a los efectos del proceso de maduración es posible agruparlos en dos grandes grupos, según su comportamiento fisiológico. Unos acumulan almidón durante su crecimiento y en la maduración lo hidrolizan hasta monosacáridos; como este y otros procesos ligados a la maduración exigen una gran cantidad de energía, en estos frutos la maduración se caracteriza por un aumento de la respiración. Otros acumulan directamente monosacáridos durante su crecimiento y, por tanto, durante la maduración no experimentan incrementos significativos de su tasa respiratoria. Los del primer grupo se denominan frutos *climáticos*, y los del segundo son frutos *no climáticos* (Tabla 8.1).

TABLA 8.1

Clasificación de los frutos más importantes por su comportamiento durante la maduración

Climatéricos	No climatéricos
Aguacate	Aceituna
Albaricoque	Cereza
Caqui	Limón
Chirimoyo	Mandarina
Higo	Naranja
Manzana	Pomelo
Melocotón	Uva
Níspero	
Papaya	
Pera	

Este incremento respiratorio fue estudiado por primera vez por Kidd y West, en la década de los 20. Estos investigadores observaron que en las manzanas, tras su recolección, el desprendimiento de CO_2 aumentaba notablemente y, a continuación, se producían todos los cambios característicos de la maduración. Un proceso similar tenía lugar si los frutos permanecían en el árbol, pero era más lento. Al incremento de la respiración se le denomina **climaterio** y da nombre a los frutos que lo experimentan.

Durante la maduración de los frutos climatéricos se produce la acumulación masiva, entre el 30% y el 50%, de azúcares (glucosa y fructosa). Estos azúcares representan, finalmente, entre el 1,5% y el 5% del peso total del fruto, reciben el nombre genérico de sólidos solubles y su concentración varía entre el 7-10% en el kiwi y el 18-20% en los higos. En la práctica se determinan por refractometría y se expresan en °Brix. En contraposición, la concentración de ácidos acumulados durante el desarrollo descende con el avance de la maduración. Ello es consecuencia de su dilución, provocada por la acumulación de agua, y de su metabolización (respiración). Los ácidos más frecuentes de los frutos climatéricos son el ácido málico (manzana, pera, etc.) y el ácido cítrico (kiwi,...). La relación entre el contenido en sólidos solubles y la concentración de ácidos libres recibe el nombre de índice de madurez, y se utiliza habitualmente como parámetro de referencia de la maduración. Otras sustancias que se acumulan en los frutos y sufren cambios durante la maduración son variables con la especie. Así, el mesocarpio del caqui contiene taninos que le confieren astringencia y reducen, por tanto, su calidad.

El cambio de color es, asimismo, un proceso característico de la maduración de la mayor parte de los frutos. La degradación de unos pigmentos y la síntesis y acumulación de otros es, sin embargo, variable, cuantitativa y cualitativamente, con ellos. Así, en melocotones, albaricoques, ciruelas,... la pérdida de clorofilas se ve acompañada de síntesis de carotenoides; en el tomate, junto a estos cambios se produce la acumulación de licopeno, pigmento rojo responsable de su color.

En los frutos no climatéricos, los cambios que se producen son similares a los indicados para los climatéricos, pero más lentos, en general. La uva contiene taninos que aumentan en concentración durante el desarrollo; con las altas temperaturas del verano se oxidan y confieren el color rojo a los frutos. En la aceituna son los antocianos los que le confieren el color negro; la síntesis de estos pigmentos se retrasa con el aumento del número de frutos por árbol, retardando de este modo su maduración y recolección. En este último fruto, la acumulación de aceite en el mesocarpo, que es lo que le confiere valor, se produce exponencialmente durante el verano con la síntesis de ácido linoleico y, sobre todo, ácido oleico; posteriormente cesa paulatinamente hasta anularse a finales del otoño.

Un ejemplo característico de este tipo de frutos lo constituyen los cítricos; en éstos la separación entre la corteza (exocarpo y mesocarpo) y la pulpa, no conectados vascularmente entre sí, contribuye a que la maduración de ambos tejidos esté regulada por mecanismos diferentes, aunque coincidentes en el tiempo en la mayor parte de los casos (en algunas variedades precoces, sin embargo, el índice de madurez óptimo para el consumo humano se alcanza cuando el fruto todavía es verde). La hipótesis sobre la coloración de estos frutos está basada en el transporte de carbohidratos, nitrógeno y hormonas al fruto, regulado por las condiciones climáticas. Mientras la temperatura permite el desarrollo de las raíces, las hormonas sintetizadas en ellas y el nitrógeno absorbido son transportados al fruto, previniéndolo del cambio de color; a ello contribuye el desarrollo competitivo con la brotación, que exige compartir el reparto de fotoasimilados. Cuando en otoño las temperaturas bajan, el desarrollo radicular cesa y, por tanto, se detienen la síntesis hormonal y la absorción de nitrógeno y su transporte hasta el fruto; además, el único sumidero en esas condiciones es el fruto, ya que el desarrollo vegetativo también cesa y los fotoasimilados son transportados, mayoritariamente, hacia él, todo lo cual promueve la conversión de los cloroplastos en cromoplastos y, por tanto, la pérdida de color verde de la corteza del fruto, la síntesis de carotenoides y, finalmente, su coloración característica. Pero si el fruto permanece en el árbol hasta la primavera siguiente, esto es, hasta que vuelva a elevarse la temperatura y, por tanto, a entrar en actividad el sistema radicular, el ciclo se reiniciará, revirtiendo los cromoplastos a cloroplastos y reverdeciéndose, por tanto, el fruto. La temperatura por debajo de la cual se degradan las clorofilas se ha establecido en 18°C , aproximadamente; los carotenoides tienen un rango térmico de síntesis de $35^{\circ} < t^{\circ} < 15^{\circ}\text{C}$. Las bajas temperaturas, por otra parte, dificultan la respiración de ácidos orgánicos (sobre todo ácido cítrico), de modo que retrasan la pérdida de acidez del zumo y, por tanto, su maduración interna. En los trópicos, las condiciones climáticas nunca son las adecuadas para que el fruto mantenga una adecuada acidez y cambie de color, de modo que éste además de ser insípido apenas supera una tonalidad amarillo-verdosa.

El papel de las giberelinas en la coloración de los frutos es utilizado agrónomicamente para retardar su coloración, sobre todo en los cítricos. Ello se logra con la

aplicación de ácido giberélico (GA_3), a una concentración de 5 mg l^{-1} , en fechas anteriores al cambio de color. Los frutos tratados, sin embargo, no modifican su maduración interna, lo que ratifica que ésta y la coloración de la corteza son procesos independientes. Otros frutos, como el caqui, también ven retardada su coloración y maduración por la aplicación de GA_3 .

Pero la diferencia más notable entre la maduración de los frutos no climatéricos y climatéricos es el reblandecimiento de los tejidos y su evolución. Los constituyentes más importantes de las paredes celulares son celulosa, hemicelulosa, proteínas y sustancias pécticas. Los compuestos pécticos insolubles de la lámina media son responsables de la cementación entre células y, por tanto, confieren consistencia al tejido. El reblandecimiento progresivo de los frutos durante la maduración es consecuencia de la solubilización gradual de estas pectinas, lo que reduce la cohesión del tejido. El enzima pectinmetilesterasa facilita la pérdida de los radicales metilo de las pectinas, y a continuación la poligalacturonasa hidroliza los polímeros de ácido poligalacturónico. Este último enzima no se encuentra en el fruto hasta la maduración y cuando ésta se inicia es sintetizado *de novo*. Es por ello que se sugirió que su aparición es el punto de partida de la maduración de los frutos climatéricos, induciendo al resto de componentes del proceso. De hecho, en mutantes de tomate incapaces de madurar, la actividad poligalacturonasa es inexistente. Pero el hecho de que dichos mutantes maduren en presencia de etileno indica que el origen del proceso de la maduración puede que no sea el enzima sino el etileno. Estudios llevados a cabo para determinar la producción de etileno y de CO_2 y la actividad poligalacturonasa de los frutos de tomate, revelaron que la producción de CO_2 sólo se produce cuando la producción de etileno supera un valor umbral, variable con la especie y/o variedad, y que la actividad poligalacturonasa comienza después de iniciarse la síntesis de etileno. Aunque este comportamiento es el más frecuente, en algunos frutos, como aguacate, chirimoya, mango,.... el incremento de la respiración precede a la síntesis de etileno.

2. El control hormonal de la maduración

Las excepciones citadas al orden de aparición de eventos en la maduración, indica que todavía hay serias dudas sobre si el etileno es el iniciador del proceso o simplemente lo acelera. Pero no hay ninguna duda de su relación con la maduración. Así, si el etileno que desprenden los frutos climatéricos almacenados se elimina, éstos maduran más lentamente; tratamientos con 1-MCP (1-metilciclopropeño), inhibidor de la síntesis de etileno, bloquea la maduración de muchos frutos climatéricos, inclusive cuando el proceso ya está avanzado; y la aplicación de etileno exógeno promueve la maduración de frutos climatéricos, aunque la concentración que se precisa aumenta cuanto más joven es el fruto. En algunos frutos no climatéricos, como los cítricos, su aplicación exógena, tanto antes como después de la recolección, promueve la degradación de clorofilas (desverdización).

Por tanto, todos los frutos, climatéricos y no climatéricos, responden a la presencia endógena o a la aplicación exógena de etileno. Se puede afirmar, por tanto, que este gas es la hormona de la maduración. Pero un aspecto relevante diferencia a ambos tipos de frutos en relación al metabolismo del etileno. En 1985, Liu y sus colaboradores demostraron que la aplicación de etileno a frutos verdes de tomate inducía la síntesis de ACC-oxidasa (oxidasa del ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico, precursor del etileno), el enzima que oxida el ACC a etileno; es decir, la síntesis de etileno puede ser promovida por el propio etileno. Este proceso autocatalítico es privativo de los frutos climatéricos, y es el responsable del aumento espectacular en la producción de etileno que tiene lugar en estos frutos durante su maduración (Fig. 8.1).

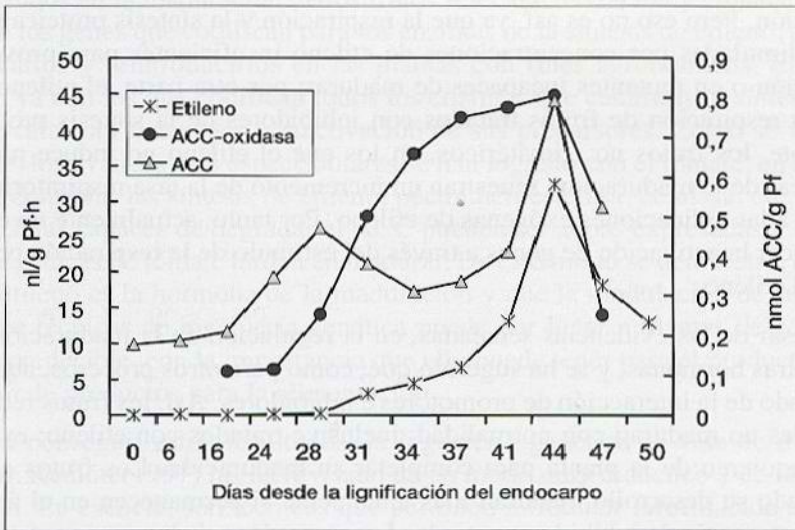


Fig. 8.1. Evolución de los contenidos en ACC, ACC-oxidasa y producción de etileno en frutos de melocotonero. Actividad de la ACC-oxidasa expresada como etileno producido.

La maduración de los frutos se ha asociado a la acumulación de proteínas específicas. Ello implica cambios en la expresión génica y en el espectro de proteínas sintetizadas. Los estudios llevados a cabo en frutos de tomate con diferentes grados de maduración han identificado tres clases de RNA mensajero: la primera se mantiene constante durante la maduración; la segunda aparece y aumenta durante la maduración y codifica ocho proteínas; y la tercera, que codifica seis proteínas, disminuye con la maduración. Estudios similares se han realizado en el melocotonero y aguacate. Algunos de los mRNA que aumentan durante la maduración han sido identificados con los enzimas que codifican. Uno de ellos es la poligalacturonasa, y el mRNA que la codifica está ausente en los frutos verdes, comienza a detectarse cuando se inicia la síntesis de etileno y aumenta sensiblemente a los 3-4 días de ini-

ciada la producción masiva de éste. Sin embargo, la aplicación de etileno a frutos verdes no provoca la acumulación del enzima, lo que indica que la activación del gen responsable de su síntesis requiere de la presencia de etileno y de otro(s) factor(es), evidentemente ausente(s) en los frutos verdes. Otros mRNA identificados codifican para la síntesis de pectinmetilesterasa y para el inicio del proceso autocatalítico del etileno.

En los frutos climatéricos, por tanto, el etileno estimula la expresión génica, de ahí su papel fitorregulador, y muchos de los genes estimulados muestran su expresión cuando tiene lugar el proceso autocatalítico de la producción de etileno y el incremento de la respiración; es decir, esta última coincide con la síntesis de proteínas. A la vista de ello, parece lógico que la energía suministrada por la respiración sea utilizada para la síntesis de las proteínas que catalizan las reacciones de la maduración. Pero eso no es así, ya que la respiración y la síntesis proteica pueden verse estimuladas por concentraciones de etileno insuficientes para provocar la maduración o en mutantes incapaces de madurar; por otra parte, el etileno incrementa la respiración de frutos tratados con inhibidores de la síntesis proteica; y finalmente, los frutos no climatéricos, en los que el etileno no induce proteínas específicas de la maduración, muestran un incremento de la tasa respiratoria como respuesta a las aplicaciones exógenas de etileno. Por tanto, actualmente no es posible explicar la activación de genes a través del estímulo de la respiración provocada por el etileno.

A pesar de las evidencias señaladas, en la regulación de la maduración intervienen otras hormonas, y se ha sugerido que, como para otros procesos, aquella es el resultado de la interacción de promotores e inhibidores. Así, los frutos recolectados verdes no maduran con normalidad, inclusive tratados con etileno; evidentemente requieren de la planta para completar su maduración. Los frutos que han completado su desarrollo maduran más lentamente si permanecen en el árbol; es decir, la presencia de inhibidores retarda el proceso. Uno de los casos más llamativos es el del aguacate, cuyo fruto completamente desarrollado tarda varios meses en madurar sobre el árbol y apenas unos días cuando se recolecta.

La concentración de ABA aumenta en los frutos al final del periodo de su crecimiento o durante la maduración tanto de frutos climatéricos como no climatéricos, y su aplicación exógena la promueve. Es más, en frutos climatéricos, como el caqui, la aplicación de inhibidores de la síntesis de ABA retrasa la maduración. Adicionalmente, el contenido en ABA aumenta en tejidos osmóticamente estresados por salinidad y éstos maduran antes. Se ha sugerido, inclusive, que el ABA es la hormona promotora de la maduración, pero actualmente no hay evidencias consistentes que respalden esta hipótesis.

El papel de las auxinas es más complicado y se entiende con dificultad. En efecto, en el peral la aplicación de auxinas inhibe la maduración. El AIA endógeno debería ser, por tanto, inactivado endógenamente como prerrequisito de la

maduración. Y así es, pero a través de un mecanismo complejo; el aumento de su concentración al final del crecimiento del fruto dispara la síntesis de etileno y éste inhibe, posteriormente, la de AIA, que desciende hasta concentraciones compatibles con la maduración. Las giberelinas y citoquininas apenas participan de la maduración de los frutos, salvo retrasando su reblandecimiento y la degradación de las clorofilas. De su equilibrio con el etileno puede que dependa la entrada en color del fruto.

3. Ingeniería genética y control de la maduración

Actualmente, es posible modificar la activación o la represión de los genes involucrados en la maduración de los frutos. La caracterización y clonación molecular de los genes que codifican para los enzimas de la síntesis de etileno, permiten modificarlos y reintroducirlos en las plantas con fines agronómicos. Ello se ha logrado ya con los que codifican todos los enzimas que catalizan su síntesis y con los que catalizan la síntesis o inactivación de sus precursores. Como se verá más adelante, los avances más espectaculares se han logrado con el tomate, en el que es posible controlar las síntesis de etileno, pectinmetilesterasa, celulasa, etc. Asimismo, enzimas capaces de degradar el ACC pueden ser sobre-expresadas y las plantas transgénicas de tomate tardan en madurar. De este modo se demuestra, también, que el etileno es la hormona de la maduración y que la modulación de su síntesis mediante técnicas de ingeniería genética puede dar lugar a plantas de comportamiento predecible, con la importancia que ello puede tener para el productor y distribuidor de productos para la alimentación.

Para conseguir estos resultados, la ingeniería genética se vale de diferentes técnicas. Ramón (1997) las ha revisado de un modo muy didáctico y de fácil comprensión. En esencia, son técnicas que permiten introducir información conocida en el genoma de una planta o interferir en la manifestación de algún carácter específico. Para introducir un gen en una célula receptora se utilizan *enzimas de restricción*, capaces de recortar el ADN de una célula donante por una zona específica que contenga el gen que se pretende transferir. El fragmento de ADN seleccionado se une, mediante la acción de una ligasa, a una molécula de ADN transportadora, que se denomina *vector*, y se introduce en una célula receptora para dar una célula recombinante. En el caso de las plantas, el último paso no es sencillo ya que las células vegetales poseen una pared celular difícil de atravesar. Para lograrlo, se recurre a la ayuda de una bacteria, *Agrobacterium tumefaciens*, capaz de atravesarla, inyectar un fragmento de su genoma y producir un estímulo de la división celular y, por tanto, un tumor en la planta. Si se utiliza como vector de un gen a transferir el ADN de la bacteria con el fragmento que contiene los genes de la enfermedad sustituido por el fragmento de ADN de la célula donante con el gen seleccionado, la bacteria infectará la planta del gen en cuestión y no desarrollará la enfermedad. Pero no todas las especies vegetales pueden ser infec-

tadas por *Agrobacterium*; en estos casos se recurre a la obtención de protoplastos de la planta a transformar, a los que se trata con los vectores portadores del gen seleccionado, que penetran fácilmente ante la ausencia de pared celular, y se transfiere a la planta receptora, o bien al bombardeo de los tejidos vegetales de la planta receptora con microesferas de oro o tungsteno rebozadas con vectores portadores del gen a transferir, que atraviesan la pared celular y penetran en las células de la planta receptora.

La técnica para interferir en la expresión de un carácter es mucho más sutil. Consiste en introducir en la célula una copia invertida del gen que codifica la proteína (enzima) cuya acción se quiere inhibir. Ese fragmento de ADN generará una copia simple, o RNA mensajero, con la secuencia de sus bases complementaria de la del mRNA copia del gen a inhibir. Ambos mRNA tenderán, por tanto, a unirse, formando un mRNA de doble cadena y, por tanto, inactivo en la síntesis proteica. A ello se le denomina *técnica antisentido*.

Con estas técnicas se han logrado ya algunos avances espectaculares en la maduración de los frutos. Algunos frutos tropicales poseen elevadas cantidades de proteínas con un alto poder edulcorante y bajo contenido calórico; la transferencia de los genes que las codifican ha permitido la obtención de tomates recombinantes, muy dulces y sin los problemas que puede tener, para algunas personas, la presencia de monosacáridos. La proteínas de algunas legumbres son deficitarias en algunos aminoácidos y es posible transferir los genes que codifican su síntesis desde plantas con una elevada producción de los mismos, como es el caso de la albúmina en la nuez de Brasil.

Mediante la técnica antisentido se ha conseguido, en el tomate, bloquear la síntesis del ACC-sintasa, con lo que no se sintetiza etileno y no se produce la maduración, pero con una ventaja adicional: si se los somete a una atmósfera de etileno, inician su maduración que completan con normalidad. Estos tomates pueden recolectarse, conservarse y transportarse hasta los lugares de venta sin peligro de que se estropeen, y unos días antes de su comercialización se tratan con etileno, maduran y se ponen a la venta. Del mismo modo, se consiguen tomates con un máximo del 10% en su actividad poligalacturonasa o pectinmetilesterasa, según el gen que se bloquee; el resultado son frutos más resistentes a la recolección, manipulado y transporte, que se pueden mantener más tiempo hasta su consumo sin pérdida de calidad y, en el último caso, con un mejor rendimiento (mayor viscosidad) en la industria de los zumos.

Las posibilidades de la biotecnología en este campo exceden, naturalmente, de la manipulación de la maduración y pueden contribuir a mejorar la calidad de los frutos en general. Así, algunos genes identificados en los animales han sido clonados y transferidos a las plantas, aunque con éxito desigual. Se ha conseguido expresar en los vegetales genes animales que codifican enzimas que catalizan la conversión de ácidos grasos saturados en monosaturados, mejorando de este modo el contenido lipídico; o genes de peces polares responsables de la síntesis

de proteínas anticongelantes que pueden conferir a las plantas resistencia al frío; o genes de *Escherichia coli* que transferidos a las plantas incrementan notablemente su resistencia a la salinidad. Finalmente, la posibilidad de conferir a las plantas la producción de anticuerpos ha sido seriamente contemplada y se halla en estudio. El control del tamaño final del fruto, de su resistencia a plagas y enfermedades, de su resistencia a las condiciones adversas del clima, etc., es hoy en día imaginable. Sin duda, el avance en este campo se presenta, para los próximos años, espectacular.

4. Senescencia

Superada la maduración, el fruto inicia el proceso de decrepitud que conduce a su muerte. Este comporta una pérdida continuada de consistencia, provocada por la hidrólisis de pectinas. Con ello facilita su ingestión por los animales y la diseminación de sus semillas, de un modo similar a como lo hace al modificar su color y sabor durante la maduración.

El descenso en el contenido en proteínas ha sido reconocido como uno de los factores más importantes en la determinación del inicio de la senescencia de las hojas. Sin embargo, el proceso es distinto en los frutos y los estudios llevados a cabo en aguacate, cítricos y plátano no revelan un descenso proteico durante la senescencia. Al contrario, en algunos frutos el contenido proteico incluso aumenta ligeramente. Esta diferencia entre hojas y frutos se halla relacionada con las diferencias cuantitativas en el contenido en cloroplastos de ambos tipos de órganos. En las hojas, los cloroplastos son muy abundantes y la degradación de sus proteínas, sobre todo ribulosa 1-5 bifosfato carboxilasa, es cuantitativamente significativa. En los frutos, la importancia porcentual de los cloroplastos en el contenido proteico es baja (en los cítricos, p. ej. no supera el 20 %). A pesar de ello, estos organelos celulares están sometidos a los mismos procesos degradativos en hojas y frutos.

La degradación de la integridad del plasmalema, pérdida de las barreras de permeabilidad y aumento de espacios libres, son los factores más importantes relacionados con la maduración y la senescencia. La evidencia más relevante que apoya esta hipótesis es la pérdida de solutos observada en los frutos. Pero aunque éstos cambios en la permeabilidad tienen lugar al final de la maduración, no pueden ser considerados como desencadenantes de la senescencia. Los conocimientos actuales sugieren que la maduración no comporta siempre una pérdida de fosfolípidos y cuando así ocurre son los de las membranas tilacoidales de los cloroplastos, lo que supone un porcentaje bajo del total de los fosfolípidos celulares. Aún así, cantidades considerables de lípidos cloroplásticos son retenidos en los cromoplastos de los frutos senescentes.

En los frutos, la evolución del contenido en H_2O_2 se ha asociado tanto con la maduración como con la senescencia. Esta sustancia puede ser un oxidante por sí

misma o actuar vía producción de radicales libres, que son altamente destructivos. Pero, actualmente, no conocemos cómo actúan los radicales libres en los procesos de la senescencia.

El papel de la vacuola en estos procesos hidrolíticos ha sido estudiado recientemente. Una proporción elevada de la actividad proteolítica de la célula reside en las vacuolas. Proteínas cloroplásticas, lípidos y pigmentos son los sustratos más importantes de la hidrólisis durante la senescencia, pero aunque se tiene conocimiento de la transferencia de estas sustancias desde los cloroplastos a las vacuolas, no conocemos su mecanismo. Algunos ácidos orgánicos y pigmentos antocianos, típicos de los frutos, son también transferidos a la vacuola. Este organelo, por tanto, debe jugar un papel importante en la maduración y senescencia de los frutos.

Otro aspecto de interés durante el proceso en estudio lo constituye la evolución de las paredes celulares. La secuencia hidrolítica y la activación de sistemas enzimáticos que comporta son responsables del reblandecimiento característico de los frutos durante la maduración, y que tiene su máxima expresión durante la senescencia.

Los estudios sobre estos procesos presentan su máxima dificultad de comprensión al dilucidar si la maduración y la senescencia deben ser entendidas como los últimos estados del desarrollo del fruto controlados por reguladores específicos o, alternativamente, como expresión del aumento en la desintegración y disfunción del órgano que le conducirán inevitablemente a la muerte. Los estudios de las últimas décadas indican que la sucesión de cambios fisiológicos (con diferencias en su evolución para cada especie) y la respuesta al control ambiental y químico son procesos genéticamente programados. El problema estriba en saber hasta cuando alcanza este control genético. Un descenso en el contenido de ARN se ha detectado durante la maduración de los frutos, pero en etapas próximas al climaterio se observan incrementos en su síntesis, sobre todo de r-ARN y m-ARN; la cicloheximida, un inhibidor específico de la subunidad 80S de los ribosomas en la síntesis proteica, retarda la senescencia de cítricos, peras y plátanos; finalmente, se ha demostrado la incorporación de aminoácidos en proteínas específicas durante el climaterio de los aguacates, manzanas, peras y plátanos. Todo ello demuestra una programación genética del proceso.

La senescencia también está regulada ambientalmente. El O_2 participa activamente en la misma, pero el CO_2 interfiere en el proceso, probablemente porque lo hace con el metabolismo del etileno.

El control hormonal de la senescencia está ligado al balance entre promotores e inhibidores. Así, las citoquininas, giberelinas y, en algunos casos, las auxinas, retrasan tanto la maduración como la senescencia. Por el contrario, el ABA y el etileno actúan iniciando o acelerando la senescencia. Este efecto está basado en aplicaciones exógenas de estas sustancias, pero la determinación de los contenidos endógenos en ABA y etileno refuerzan esta hipótesis. El papel de las giberelinas

retardando la senescencia se utiliza en fruticultura para programar la recolección de algunas especies. En este sentido, un aspecto de interés lo constituye la imposibilidad de que las giberelinas y citoquininas contrarresten el efecto del etileno como inductor de la respiración en los frutos climatéricos.

El estudio del proceso de la senescencia presenta muchos aspectos atractivos. Así, la senescencia de los frutos suele ser independiente del de las hojas; ello es evidente en los frutales de hoja caduca, cuyos frutos maduran y envejecen mientras las hojas permanecen activas esperando las señales del otoño para hacerlo, pero mucho más notorio lo es en las especies perennifolias, como cítricos y mangos, cuyos frutos entran en senescencia mientras la copa permanece continuamente activa. Ello sugiere que mientras el fruto está expuesto a los mismos estímulos que las hojas y a las mismas interacciones con otros órganos de la planta, su comportamiento está regido mayoritariamente por sus propios sistemas de control interno.

La hipótesis actual sobre el proceso de la senescencia consiste, por tanto, en el establecimiento de una secuencia de eventos regulados con precisión y altamente coordinados. Con el avance del proceso los tejidos son gradualmente desintegrados, de acuerdo con los mecanismos y controles descritos más arriba. Pero, la diversidad de especies y la variabilidad en su relación con el medio, unido a la falta de algunos conocimientos, impide todavía generalizar cualquier hipótesis.

5. Referencias bibliográficas

- Brady, C.J. Fruit ripening. 1987. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 38:155-178.
- Ramón, D. 1997. *Els gens que mengem*. Edicions Bromera, Alzira (Valencia), España.
- Tucker, G.A. y Grierson, D. 1987. «Fruit ripening». En: *The biochemistry of plants*. D.D. Davies (ed.). Volume 12. Academic Press, Londres, 265-318.

CAPITULO 9

PROLONGACION DE LA VIDA DEL FRUTO. TECNICAS POSCOSECHA

1. Introducción

La mejora de la producción y calidad de los frutos, de las comunicaciones y de los sistemas de transporte, han propiciado el desarrollo de nuevas técnicas capaces de preservar a los frutos tras su recolección. El consumidor se ha acostumbrado a comprar todo tipo de frutos a lo largo de todo el año, pero la realidad es que el tiempo en que la mayoría de éstos pueden ser consumidos es muy corto, y solamente un control riguroso de sus procesos vitales puede permitir suministrarlos continuamente a los mercados de todo el mundo.

Los principales factores responsables del deterioro del fruto, tras su recolección, son patológicos y fisiológicos. Los patógenos que atacan a los frutos son, generalmente, hongos saprofitos que los infectan antes, durante o tras la recolección y provocan una rápida degradación de los mismos, a menos que no se tomen las medidas adecuadas de control. Los factores fisiológicos tienen su origen en el propio fruto, pero pueden ser seriamente afectados por las condiciones del medio, por lo que aparecen aún habiéndose realizado un estricto control de los factores patológicos, ya que son, en general, consecuencia de la propia prolongación de la vida del fruto. Por otro lado, los agentes patógenos pueden instalarse en los frutos como consecuencia del desarrollo de alteraciones fisiológicas y, por tanto, el control de éstas suele, a su vez, aumentar su resistencia al ataque de patógenos. Las interacciones entre ambos tipos de factores resultan, por tanto, evidentes y no es posible estudiar los procesos que rigen la prolongación de la vida del fruto tras su recolección, sin tenerlos en consideración simultáneamente.

Actualmente, son muchos los campos de especialización de las técnicas poscosecha y, asimismo, numerosos los trabajos de revisión al respecto (Hultin y Milner, 1978; Pantastico, 1975; Wills *et al.*, 1981; Tuset, 1988; Herrero y Guardia, 1992).

2. Causas patológicas del deterioro de los frutos

Los frutos maduros recolectados son sensibles al ataque de numerosos microorganismos a los que son resistentes mientras se desarrollan en la planta. Cada especie puede ser atacada solamente por un número relativamente pequeño y un único grupo de microorganismos patógenos que poseen necesidades nutricionales y capacidad enzimática para desarrollarse extensamente en los tejidos de su huésped (Tabla 9.1).

TABLA 9.1
Enfermedades patógenas poscosecha más importantes de los frutos

Fruto	Enfermedad	Patógeno
Aguacate	Podredumbre del fruto	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keisler
	Podredumbre de la zona estilar	<i>Diplodia natalensis</i> P. Evans
Caqui	Mancha negra	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keisler
	Podredumbre azul	<i>Penicillium expansum</i> (Link) Thom
Cítricos	Podredumbre verde	<i>Penicillium digitatum</i> Sacc.
	Podredumbre azul	<i>Penicillium italicum</i> Wehmer
	Podredumbre negra	<i>Alternaria citri</i> Ellis & Pierce
	Podredumbre gris	<i>Botrytis cinerea</i> Pers. ex Fr.
	Antracnosis	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> (Renz.) Sacc.
F. hueso	Podredumbre parda	<i>Monilia fruticola</i> (Wint.) Honey
	Podredumbre acuosa	<i>Rhizopus stolonifer</i> (Ehr. ex Fr.) Lind
	Podredumbre negra	<i>Aspergillus niger</i> van Tiegh
	Podredumbre azul	<i>Penicillium expansum</i> (Link) Thom
	Podredumbre seca	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keisler
F. pepita	Podredumbre lenticular	<i>Phylactaena vagabunda</i> Desm.
	Podredumbre azul	<i>Penicillium expansum</i> (Link) Thom
	Podredumbre harinosa	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keisler
Mango	Antracnosis	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> (Renz.) Sacc.
	Podredumbre de la zona estilar	<i>Diplodia natalensis</i> P. Evans
Papaya	Antracnosis	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> (Renz.) Sacc.
Plátano	Podredumbre de corona	<i>Colletotrichum musae</i> (Berk. & Curt.) Arx
		<i>Fusarium roseum</i> Link, Synd. & Hans
		<i>Verticillium theobromae</i> (Turc.) Hughes
		<i>Ceratocystis paradoxa</i> (Dade) Moreau
		<i>Colletotrichum musae</i> (Berk. & Curt.) Arx
Uva	Antracnosis	<i>Fusarium verticillioides</i> (Sacc.) Nerenberg
	Corazón negro	<i>Botrytis cinerea</i> Pers. ex Fr.
	Podredumbre gris	<i>Rhizopus stolonifer</i> (Ehr. ex Fr.) Lind
		<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keisler
	Podredumbre del tallo y fruto	<i>Cladosporium herbarum</i> (Pers.) Link
	Podredumbre verde	

Fuente: Ben Arie y Lurie, 1986.

Penicillium digitatum sólo causa enfermedades post-cosecha en los cítricos, mientras que *P. expansum* es un serio agente patógeno de la mayoría de los frutos de pepita y de hueso, pero no de los cítricos. *Monilia fructicola* provoca la podredumbre marrón de los melocotones, cerezas, manzanas y peras, pero no afecta a los frutos tropicales. Otras especies, como *Rhizopus stolonifer*, *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata* y *Geotrichum candidum*, causan enfermedades a un extenso número de frutos.

Las «podredumbres blandas» de los frutos producidas por *Rhizopus*, *Geotrichum* y *Sclerotinia*, son peligrosas porque evolucionan muy rápidamente bajo condiciones idóneas de almacenamiento, produciendo enzimas extracelulares que atacan a la pulpa del huésped produciendo una masa blanda y acuosa en unos pocos días. Las «podredumbres pardas», producidas por *Monilia fructicola* en los frutos de hueso, por especies del hongo *Gloeosporium* en manzanas, y la podredumbre de la zona estilar de los frutos cítricos causada por *Diplodia natalensis*, *Phomopsis citri* y *Alternaria citri*, pueden convertirse, también, en problemas serios si afectan a una amplia zona del fruto.

El conocimiento del tiempo y mecanismo de infección es esencial para desarrollar programas eficaces de control de enfermedades post-cosecha. Eliminar la infección de una herida puede ser difícil, cuando no imposible, después de algunos días de incubación, mientras que una infección latente originada en el campo puede ser tratada con fungicidas sistémicos varios meses después.

El almacenamiento de frutos durante semanas y aún meses, puede acarrear pérdidas importantes debidas al decaimiento de aquellos si no se tratan con inhibidores eficaces del crecimiento de microorganismos y no se almacenan en un ambiente desfavorable para su desarrollo. Pérdidas de hasta el 50% de los frutos almacenados se han registrado en países tropicales en los que no es posible disponer de cámaras refrigeradas y no se trata el producto con fungicidas adecuados.

Muchas de las enfermedades post-cosecha de los frutos, tienen su origen en heridas de origen fisiológico o producidas mecánicamente. Las heridas originadas al recolectar son puntos frecuentes de invasión de patógenos, como es el caso de la «podredumbre de corona» de los plátanos y la «podredumbre de la zona estilar» de los cítricos, mangos, papayas, aguacates y peras. Es difícil recolectar los frutos sin producir ningún tipo de herida, al mismo tiempo que resulta imposible prevenir las que originan los insectos y las condiciones climáticas desfavorables (viento, pedrisco,...). Bajo estas condiciones, las probabilidades de que los numerosos propágulos de *Penicillium* spp., *R. stolonifer* y *G. candidum* existentes en la atmósfera penetren en el fruto son, por tanto, muy grandes. Otros patógenos, como *M. fructicola* y *C. gloeosporioides*, pueden penetrar directamente a través de la epidermis de melocotones y plátanos, respectivamente, a pesar de lo cual, las heridas mecánicas representan el vehículo más importante de infección de estos frutos. Además, aún siendo muy cuidadosa la recolección, el contacto de los frutos con otros frutos

infectados y/o con equipos contaminados propios de la central hortofrutícola, pueden provocar daños importantes. La atmósfera de éstas suele estar cargadas de esporas de hongos patógenos y los frutos pueden verse contaminados al llegar a ellas. El agua para limpiar, enfriar o tratar químicamente a los frutos, puede ser, también, una fuente importante de infección.

El estado de maduración del fruto en el momento de su recolección constituye otro de los factores importantes en la evolución de su deterioro. En general, la mayoría de los frutos se recolectan antes de que alcancen su plena madurez; con ello se dificulta la infección de patógenos. Así, la susceptibilidad de los limones al ataque de *G. candidum* aumenta con la edad fisiológica, y lo mismo puede decirse de las naranjas respecto a la podredumbre de la zona estilar causada por *A. citri*. A medida que los frutos maduran, los inhibidores naturales del desarrollo de hongos, presentes en sus tejidos, se degradan y aumenta su susceptibilidad a éstos. La actividad de los inhibidores, provocada en el huésped por la propia infección fúngica o por alguna herida, también depende del estado de madurez del fruto. Un ejemplo al respecto es la inhibición dependiente del pH que el ácido benzoico produce en las manzanas tras la infección del hongo *Nectria galligena*.

3. Técnicas poscosecha de control patológico

3.1. Baja temperatura

Las bajas temperaturas y la modificación de la atmósfera, capaces de retrasar la maduración y deterioro de los frutos, resultan eficaces en muchos casos para inhibir el desarrollo de patógenos durante su almacenamiento. Las bajas temperaturas retrasan el desarrollo de enfermedades poscosecha a través de dos mecanismos: 1) retrasando la maduración del huésped, lo que prolonga la resistencia a enfermedades asociada a la inmadurez; y 2) inhibiendo directamente el desarrollo del patógeno. En la mayoría de los casos, el límite de esta técnica lo constituye la sensibilidad del fruto a la temperatura de almacenamiento. Los frutos subtropicales pueden almacenarse entre 8° C y 14° C, mientras que los frutos de zona templada, como manzanas y peras, se pueden conservar a temperaturas próximas a los 0° C. El hongo *G. candidum*, que ataca a los limones, no puede desarrollarse por debajo de los 10° C, pero la sensibilidad de los frutos al frío exige almacenarlos a temperaturas no inferiores a los 14° C, para las que no existe prevención del desarrollo del hongo. En el caso de las mandarinas, naranjas y pomelos, la *A. citri* no se desarrolla a temperaturas inferiores a 12° C, por lo que su almacenamiento a 6° C-8° C les previene de su infección; temperaturas inferiores no son aconsejables ya que si llegan a provocar «daños por frío», el ataque posterior del patógeno podría ser mayor, al encontrar grietas y heridas por las que penetrar con facilidad.

Normalmente, las bajas temperaturas no ejercen una acción permanente sobre las células del patógeno, sino que retrasan su desarrollo. Así, el desarrollo de los

hongos *G. candidum* y *E. carotovora* puede ser inhibido indefinidamente almacenando los frutos a 0° C, pero cuando éstos son transferidos a temperaturas más altas para su comercialización y venta, el hongo desarrolla rápidamente. Otros microorganismos como *Botrytis cinerea*, *Penicillium* spp. y *Cladosporium herbarum* pueden crecer, aunque lentamente, a temperaturas próximas a 0° C, lo que limita la vida de almacenamiento de los frutos si no son tratados adecuadamente.

Cuando los frutos a almacenar son especialmente sensibles a las bajas temperaturas, éstas pueden obtenerse progresivamente reduciéndolas durante el proceso de frigoconservación de modo que su incidencia sobre el fruto prácticamente desaparece. El método, en general, consiste en introducir el producto en una cámara a +5° C, reducir la temperatura hasta +3° C al cabo de un mes, y al mes siguiente llegar a +1° C o a la temperatura de régimen de conservación. A este sistema se le conoce como *aplicación de frío en cascada*.

En algunos casos, se procede a la ralentización brusca de los procesos de maduración, sometiendo al fruto a una *prerrefrigeración*, con aire o con agua, para reducir el tiempo durante el que el fruto respira intensamente, perdiendo agua, azúcares y ácidos orgánicos. Con ello se protege también al fruto de microorganismos patógenos, ya que se endurece su superficie haciéndolo más resistente a lesiones.

La prerrefrigeración con aire se emplea en manzanas, peras, cerezas, melocotones... La prerrefrigeración con agua próxima a 0° C, tanto por inmersión como por aspersión, se utiliza en melocotones y, con menor frecuencia, en peras.

3.2. Modificación de la atmósfera

La atmósfera de almacenamiento, modificada alterando los niveles de O₂ y CO₂, influye decisivamente sobre el desarrollo de enfermedades post-cosecha, bien a través de una inhibición directa del desarrollo del patógeno, bien alterando la resistencia del huésped. Una amplia información sobre esta técnica puede encontrarse en el texto de Herrero y Guardia (1992).

En una atmósfera de O₂ reducida, concentraciones excedentarias de CO₂ no pueden provocar la fermentación si la temperatura es baja. Los resultados a este respecto son satisfactorios para concentraciones de O₂ entre 2% y el 3%. Por otra parte, el incremento de la concentración de CO₂ reduce la intensidad respiratoria, ya que éste es un catabolito de la respiración. Concentraciones elevadas de este gas (≥10%) provocan la aparición de alteraciones graves en el fruto, pero tienen acción fungicida, impidiendo la germinación de esporas y el desarrollo de micelios, siendo su acción más eficaz a baja temperatura.

Concentraciones de CO₂ superiores al 20% retardan la senescencia de los frutos almacenados al mismo tiempo que previenen a éstos de los ataques de agentes patógenos. La reducción de la concentración de O₂ a niveles inferiores al 10% tam-

bién retarda la evolución de la senescencia de los frutos, pero no tiene efecto protector del ataque de microorganismos, ya que muchos hongos son capaces de desarrollarse en atmósferas con algo más del 1% de O_2 . Con temperaturas de almacenamiento próximas a $0^\circ C$, se ha demostrado un menor deterioro de los frutos en atmósfera controlada que al aire. Sin embargo, cuando éstos salen de la cámara para su maduración a temperatura ambiente, decaen en la misma proporción e intensidad que si no hubieran estado almacenados.

Aguacates almacenados durante 45-60 días a $10^\circ C$ en una atmósfera con un 2% de O_2 y un 10% de CO_2 muestran una marcada reducción de los daños por antracnosis (*C. gloeosporioides*), en comparación con frutos almacenados a la misma temperatura al aire. Esta atmósfera, además, previene de la presencia de daños por frío, y permite, por tanto, temperaturas de almacenamiento de hasta $7^\circ C$. En estas condiciones, los aguacates pueden almacenarse durante 6 semanas, es decir, 3 veces más tiempo que al aire.

Pero la atmósfera modificada no siempre reduce la incidencia de enfermedades en los frutos almacenados. Así, el desarrollo de *N. galligena* en manzanas almacenadas es mayor en un ambiente con una concentración de CO_2 por encima del 4%, capaz de reducir marcadamente la síntesis de ácido benzoico, un inhibidor de las infecciones provocadas por el hongo.

En general, una concentración reducida de O_2 tiene sobre el fruto los siguientes efectos:

1. Reducción de la metabolización de ácidos.
2. Reducción de la degradación de clorofilas, manteniéndolo verde.
3. Reducción de la solubilidad de las pectinas, manteniéndolo firme.
4. Reducción de la producción de etileno.
5. Aumento del consumo de azúcares.

Y concentraciones elevadas de CO_2 afectan al metabolismo del fruto a través de:

1. Disminución de la metabolización de ácidos orgánicos.
2. Reducción de la actividad pectolítica.
3. Reducción de la síntesis proteica.
4. Reducción de la degradación de clorofilas.
5. Mantenimiento de la dureza del fruto.
6. Estímulo de la hidrólisis de sacarosa.

Otros componentes naturales menores de las atmósferas de almacenamiento, pueden alterar el desarrollo de enfermedades patogénicas. Entre ellos cabe mencionar el vapor de agua y el etileno. Humedades relativas elevadas provocan el decaimiento del fruto y, por el contrario, valores bajos pueden frenar, aunque no controlar, infecciones fúngicas. Un control casi absoluto de las pudriciones puede

lograrse con una HR del 70%, pero en estas condiciones se produce un marcado marchitamiento de los frutos debido a la pérdida de agua.

Aunque las ventajas de la modificación de la atmósfera de conservación son evidentes, existen también algunos inconvenientes, como:

1. Una elevada inversión inicial.
2. Mantenimiento de la atmósfera adecuada.
3. Instrumental sofisticado para su control.
4. Dificultades para compatibilizar algunas variables de conservación.
5. Aparición de nuevos desórdenes fisiológicos.

3.3. Tratamientos hormonales

La utilización de técnicas capaces de retardar la maduración y senescencia de los frutos, en combinación con el manejo de las condiciones de almacenamiento, reduce sensiblemente las pérdidas por enfermedades poscosecha.

La aplicación de ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) antes de almacenar los limones, retrasa el envejecimiento de la zona estilar de éstos, lugar por el que es más frecuente el ataque del hongo *A. citri*. Formulaciones a base de ceras y 2,4-D se utilizan en naranjas y pomelos para controlar la podredumbre de la zona estilar durante su transporte a largas distancias. El ácido giberélico se emplea para retardar la senescencia de naranjas navel y mandarinas, con lo que se reduce su susceptibilidad a las heridas propias de la recolección, transporte y manipulado; de este modo se retarda, cuando no se elimina, el ataque por hongos del género *Penicillium*.

3.4. Tratamientos químicos. Limitaciones

Como se ha visto, la manipulación de las condiciones de almacenamiento sólo en raras ocasiones previene al fruto del ataque por patógenos. Su acción es a través de un retraso en la aparición de enfermedades hasta que los frutos se sacan de las cámaras para su comercialización. El tratamiento con sustancias fungicidas sigue siendo, hasta hoy, el método más seguro de prevención de éstas.

La mayoría de los frutos soportan una compleja manipulación hasta su almacenamiento: lavado, desinfección, encerado, tría, clasificación y empaquetado. Los fungicidas se incorporan al agua de lavado, a las ceras o al papel de embalaje, o puede aplicarse separadamente por inmersión de los frutos, lluvia (*drencher*) o tratamientos gaseosos.

El momento de aplicación del fungicida es muy importante, sobre todo si éste no se ha combinado con aplicaciones pre-cosecha. Como norma general, para prevenir la infección de heridas producidas durante la recolección y manipulado, el tratamiento debe efectuarse lo antes posible. Las podredumbres provocadas por

Rhizopus en los frutos de hueso se desarrollan muy rápidamente, consiguiéndose una buena protección si el tratamiento se efectúa durante las 12 horas siguientes a la recolección. En el caso de las infecciones por *P. digitatum* y *P. expansum*, que afectan a cítricos y manzanas, su progreso es relativamente lento y pueden ser controladas satisfactoriamente mediante la aplicación de un fungicida adecuado durante las 24-48 horas siguientes a la recolección.

El periodo de protección que confieren los fungicidas después de que el fruto haya sido infectado, depende del tipo de inoculación, tasa de desarrollo del patógeno, susceptibilidad del huésped, HR, temperatura y la profundidad de penetración en el tejido que alcanza el fungicida. En el caso de infecciones latentes, la aplicación de fungicidas sistémicos puede ser eficaz incluso en épocas muy alejadas del momento de la inoculación. Así se entiende que tratamientos poscosecha de benomilo y tiabendazol (TBZ) den buenos resultados en el control de la podredumbre de la zona estilar de los cítricos, antracnosis de los plátanos y mangos y podredumbre lenticular de las manzanas.

Actualmente, se dispone de tecnología para desarrollar un control satisfactorio de las principales enfermedades que afectan a los frutos durante su conservación. De un modo resumido, se puede señalar:

1. El dichloran, desarrollado en los años 60, se mostró altamente eficaz en el control de podredumbres provocadas por *Rhizopus* en melocotones, nectarinas y cerezas.
2. La sec-butilamina, desarrollada por la misma época, fue utilizada, sobre todo, para prevenir a los frutos cítricos del ataque de *Penicillium* a través de las heridas de la recolección y manipulado.
3. El tiabendazol y el benomilo, introducidos unos años más tarde, resolvieron el problema de la podredumbre de corona en el plátano. Estas sustancias también son muy eficaces en el control de infecciones latentes de cítricos, manzanas, plátanos y otros frutos tropicales.
4. La combinación de dichloran y benomilo reduce hasta un nivel insignificante la mayor parte de las infecciones que afectan a los frutos de hueso.

A pesar del gran desarrollo que los fungicidas han experimentado en los últimos años, todavía existen enfermedades que no tienen un control eficaz. Podredumbres provocadas por *Geotrichum*, *Alternaria* y por algunas bacterias son algunos ejemplos de ello.

Finalmente, la aplicación de fungicidas a los frutos tras su recolección debe estar estrictamente controlada, ya que la persistencia de residuos en sus tejidos puede ser perjudicial para la salud de quien los consumen. Su detección en cantidades superiores a las establecidas como aceptables puede ser castigada con elevadas multas, cuando no ser motivo de persecución judicial. Actualmente, la legisla-

ción en materia de Producción Integrada limita el uso de determinados fungicidas, concentraciones y épocas de aplicación, con el fin de certificar que los productos que cumplen con los requisitos establecidos puedan ser etiquetados con el distintivo al respecto.

4. Causas fisiológicas del deterioro de los frutos tras su recolección. Control

Como ya se ha dicho, la vida poscosecha de los frutos está decisivamente influida por factores precosecha. Su estructura, composición química y edad fisiológica son determinantes en la respuesta al manipulado y transporte. La estructura y composición química de un fruto vienen determinadas por las condiciones climáticas y edáficas del cultivo, así como por las prácticas culturales. Sus efectos no son siempre bien entendidos y han sido estudiados sólo parcialmente, pero su importancia es reconocida por todos. La importancia de la edad fisiológica del fruto en su comportamiento poscosecha ha sido, por el contrario, ampliamente estudiada y es bastante bien conocida.

Los principales problemas poscosecha de los frutos y que no son de origen patológico, los constituyen el desarrollo de desórdenes fisiológicos, tanto durante su almacenamiento como durante su transporte y exposición en las tiendas para su venta inmediata (Tabla 9. 2). Muchas veces sus síntomas son muy similares a los que presentan los desórdenes patológicos y solamente la incapacidad para detectar un agente patógeno responsable es la razón para clasificarlos como alteraciones fisiológicas.

TABLA 9.1

Desórdenes fisiológicos poscosecha más frecuentes de los frutos

Fruto	Desorden	Síntoma
Aguacate	Daños por frío	Decoloración de corteza y pulpa. Haces vasculares pardos
Ciruelo	Decaimiento	Áreas pardas y gelatinosas de la corteza y la pulpa
Cítricos	Picado	Pequeñas depresiones negras sobre la corteza
	Escaldado	Manchas pardo-marrones superficiales
	Oleocelosis	Manchas producidas por rotura de glándulas de aceites
	Membranosis	Manchas negras en las membranas de los gajos (limón)
	Piel de cebra	Ribeteado de colores en la piel (mandarinas)
Mango	Daños por frío	Oscurecimiento de la corteza y colapso de la pulpa
Manzana	Bitter pit	Depresiones negras sobre pulpa esponjosa y seca
	Escaldado	Decoloraciones profundas de la corteza de todo el fruto
	Golpe de sol	Zonas negro-marrones de la corteza producidas por el sol
	Senescencia	Pulpa marrón y harinosa: fruto sobremaduro
	Colapso por frío	Cortex de color marrón
	Escaldado blando	Depresiones negras y blandas que alcanzan a la pulpa

Fruto	Desorden	Síntoma
Manzana	Mancha Jonathan	Moteado superficial de las lenticelas por altas t^{as}
	Vitescencia	Áreas translúcidas en la pulpa
Melocotón	Corazón marrón	Áreas marrones de la pulpa muy delimitadas
	Harinosidad	Zonas secas rojizo-marrones de la pulpa
Pera	Colapso de corazón	Corazón marrón y blando en frutos sobre-almacenados
	Colapso del cuello	Decoloración negro-marrón del tejido vascular
	Escaldado	Moteado gris-marrón de la piel, o
Plátano		Zonas marrones de la piel en frutos sobre-almacenados
	Corazón marrón	Áreas marrones de la pulpa muy delimitadas
Uva	Daños por frío	Pequeños puntos marrón-oscuro cubriendo la corteza
	Escaldado	Decoloraciones marrones de la piel en variedades claras

Fuente: Ben Arie y Lurie, 1986.

Los frutos de árboles caducifolios, como manzanas, peras y frutos de hueso, así como los cítricos, son los que presentan con mayor frecuencia este tipo de desórdenes. La mayoría afectan sólo a áreas discretas de tejidos. Algunos se presentan en la corteza y no afectan a la pulpa; otros afectan sobre todo a la pulpa e inclusive al corazón del fruto. En muchos de ellos, el origen y los mecanismos responsables no son bien conocidos. Los más relevantes en cada caso se estudian en los capítulos correspondientes a cada especie o grupos de especies.

4.1. Factores precosecha

Los factores pre-cosecha que afectan a la vida post-cosecha de los frutos son aquellos relacionados con su desarrollo y, sobre todo, su maduración.

La **variedad** presenta características específicas que pueden favorecer o hacer más dificultosa la vida post-cosecha del fruto. La morfología del fruto (Foto 9.1), su sensibilidad a las condiciones de almacenamiento, particularmente a las bajas temperaturas, al ataque de patógenos y al transporte, la evolución de la senescencia, su sensibilidad a los tratamientos específicos para su control, etc., hacen de éste un factor esencial. Este aspecto debe ser contemplado a la hora de la elección del cultivar.

El **patrón** es una parte de la planta decisiva por su papel en la absorción de agua y elementos minerales. De ello depende, en gran medida, el comportamiento de los frutos tras la recolección. Así, en los cítricos, está demostrado que los frutos con una mayor concentración de sólidos solubles totales en su zumo se comportan mejor durante su almacenamiento y comercialización, y este factor depende, en gran parte, del portainjerto. Asimismo, la existencia de algunas alteraciones fisiológicas con desarrollo post-cosecha viene determinada por el patrón. Sin embargo, en general, éste no se elige por la calidad que confiere a los frutos, sino por su adaptación a las condiciones edáficas, hídricas y climáticas.

La **edad del árbol** también afecta, probablemente de modo indirecto, a la calidad del fruto durante su almacenamiento. Así, en el manzano se ha demostrado que



Foto 9.1. La morfología del fruto puede ser un problema para su comercialización. En la fotografía se muestran frutos de melocotonero 'Prime Rose' mostrando su zona estilar muy prominente, lo que aumenta su sensibilidad a los golpes y dificulta su transporte.

los frutos procedentes de árboles jóvenes son más sensibles a las alteraciones fisiológicas; estos árboles producen poca cosecha pero de frutos grandes con células muy grandes que son alteradas con facilidad. Por el contrario, en los cítricos, los árboles jóvenes dan frutos de corteza más gruesa y resistente.

Las **prácticas culturales** son también factor decisivo. En general, el *aclareo de frutos*, que modifica la relación frutos/hojas, da lugar a frutos de mayor tamaño pero de vida media más corta. Una *poda* intensa en pleno desarrollo del fruto, da lugar a una pérdida de elementos minerales por parte de éste ante la necesidad del árbol de atender a la nueva brotación que con aquella se provoca. El *rayado de ramas* anticipa la maduración de los frutos, y ello debe tenerse en cuenta para el cálculo de la duración de su periodo de almacenamiento y, sobre todo, para recolectarlos en el momento adecuado.

La **nutrición mineral** durante el cultivo es decisiva en el comportamiento post-cosecha del fruto. En manzanas, así como en otros muchos frutos, el contenido en nitrógeno y calcio se ha mostrado como los elementos más estrechamente relacionados con su consistencia y resistencia (ver Capítulo 5). Los estudios del efecto de la fertilización sobre la calidad de los frutos tras su recolección presentan resultados inconsistentes, pero se reconoce generalmente que niveles elevados de N reducen la vida media de los frutos almacenados.

La disponibilidad de agua por parte del fruto durante su desarrollo es de gran importancia para preservar su calidad tras la recolección. Los frutos de especies caducifolias se cultivan, en general, en zonas frías y lluviosas en las que el riego no es necesario. Pero las especies tropicales y subtropicales, así como las especies caducifolias cultivadas en áreas subtropicales, requieren del **riego** durante todo o parte de su cultivo. En este sentido, demasiada agua o demasiado poca, así como la irregula-

ridad en su suministro, reducen la calidad poscosecha de los frutos. Un exceso de agua prolonga el desarrollo vegetativo y aumenta el vigor de los árboles, dando lugar a frutos grandes, pero con menos zumo, de corteza turgente y más sensible a los golpes propios de la recolección, manipulado y transporte. En el cerezo, el melocotonero y los cítricos, la lluvia tras un periodo de relativa sequía provoca el rajado de los frutos; en este caso, el riego no es suficiente para evitar la alteración. En mandarinas, una secuencia de este tipo también puede dar lugar a la aparición de frutos con apariencia ribeteada («piel de cebra»). En manzanas, peras y albaricoques, el riego frecuente aumenta la incidencia de alteraciones fisiológicas durante el almacenamiento. En los cítricos, por el contrario, da lugar a frutos más firmes y con mejor comportamiento tras la recolección, pero facilita la aparición de podredumbres. En la vid el efecto es similar; la reducción del régimen hídrico en etapas anteriores a la recolección acelera la maduración y promueve la acumulación de azúcares, mientras que un incremento de la disponibilidad de agua retrasa la maduración, aumenta la caída de frutos y reduce la vida media poscosecha. El régimen hídrico en las zonas de regadío debe ser adaptado al cultivo de cada especie, teniendo en cuenta la edad del arbolado, la composición del suelo y el estado de desarrollo del fruto.

La **aplicación de fitorreguladores** puede condicionar el comportamiento del fruto durante su conservación post-cosecha. En las naranjas navel las auxinas de síntesis (2,4-D y 3,5,6-TPA) se utilizan ampliamente para reforzar la adhesión del pedúnculo al fruto que se mantiene así en perfectas condiciones en el árbol, más turgente y resistente al manipulado. En los manzanos, sin embargo, la aplicación de auxinas para evitar la caída de frutos no modifica su calidad durante su conservación. Este tipo de fitorreguladores también se utiliza en frutos de hueso para anticipar su desarrollo y, por tanto, su recolección; su comportamiento tras la recolección no se ha visto influido por ellos, a pesar de que en muchos casos la producción de etileno se ve estimulada. Las giberelinas se utilizan para retardar la senescencia de los frutos; en los cítricos se aplican para mejorar su conservación en el árbol hasta la recolección lo que, indirectamente, mejora su comportamiento poscosecha. En albaricoques y uva se ha demostrado un efecto similar. En manzanos se utilizan para mejorar el cuajado, dando lugar a frutos partenocárpico que presentan ligeras deformaciones, particularmente en la zona pericalizina, muy sensibles al manipulado y transporte (Foto 9.2). El ethephon (ác. 2-cloroetilfosfónico), sustancia liberadora de etileno, promueve la maduración de los frutos climatéricos cuando se aplica en etapas cercanas al climaterio, pero en muchos de ellos, como en el caqui, reduce notablemente las cualidades poscosecha del fruto, que evoluciona rápidamente, reblandeciendo sus tejidos y, por tanto, acortando su vida útil de comercialización.

4.2. Factores relacionados con la recolección

La calidad del fruto puesto a la venta depende también, en muchos aspectos, de la propia recolección. La maduración del fruto marca el final de su crecimiento y el

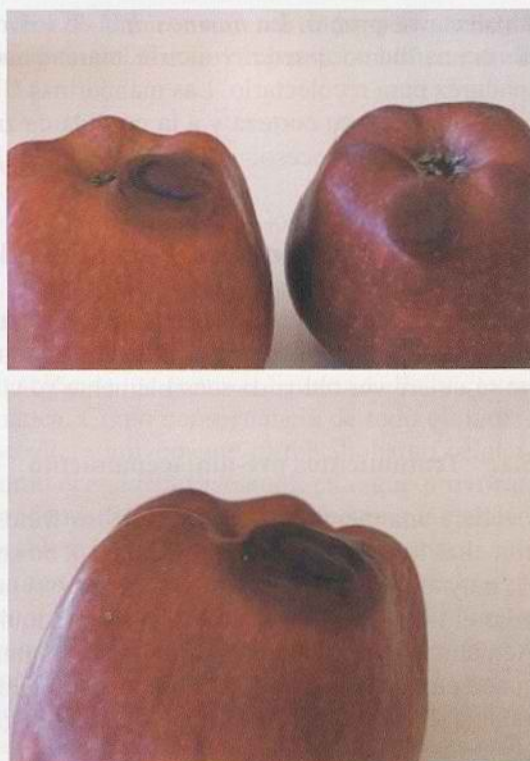


Foto 9.2. Algunas variedades de manzano, como 'Red Chief'®, tienen lóbulos bien definidos en la zona pericalizina que suponen una dificultad para su manipulado y transporte, particularmente cuando han sido tratadas con ácido giberélico para favorecer el cuajado dado que este tratamiento los exagera.

inicio de la senescencia, proceso éste natural e irreversible. Es, por tanto, muy importante elegir adecuadamente el momento de la recolección en función del estado óptimo de madurez del fruto, variable con los frutos y dependiente de su destino comercial. Si la recolección se realiza demasiado pronto, el fruto no madura bien tras su almacenamiento; y si se lleva a cabo en un estado demasiado avanzado de madurez, ésta no se detiene durante el almacenamiento y el fruto debe ser comercializado inmediatamente. En general, los criterios que se utilizan para determinar la época adecuada de maduración de la mayor parte de los frutos para su recolección posterior almacenamiento son su firmeza, color, contenido en sólidos solubles, acidez y el intercambio de gases en los frutos climatéricos.

El desarrollo de desórdenes fisiológicos durante el almacenamiento de muchos frutos, puede ser controlado, en gran medida, eligiendo adecuadamente la fecha de recolección. Una recolección tardía reduce en gran medida la incidencia del *bitter-pit* de las manzanas en aquellas variedades más sensibles; por el contrario, las variedades proclives al *decaimiento* deben ser recolectadas pronto. El desarrollo del *escaldado superficial* de manzanas y peras puede controlarse retrasando la recolección; los daños por esta alteración también pueden reducirse manteniendo el fruto en una atmósfera modificada (ver apt. 5.4), pero para ello los frutos deben

recolectarse pronto. La *harinosidad* de los melocotones, que aparece durante su almacenamiento, puede reducirse marcadamente eligiendo la época adecuada de madurez para recolectarlo. Las mandarinas Clementinas, muy proclives a la rápida senescencia de su corteza y a la pérdida de zumo, deben ser recolectadas antes de que se inicie el proceso.

5. Técnicas poscosecha de control fisiológico

A pesar de la importancia que los factores precosecha tienen sobre la calidad comercial de los frutos, son necesarios un manejo y almacenamiento adecuados si no se quiere ver reducida sensiblemente su vida útil poscosecha.

5.1. Tratamientos pre-almacenamiento

Para una mejor conservación de los frutos, éstos suelen ser tratados con ceras; con ellas los frutos apenas pierden peso, no se arrugan y, además, presentan un brillo muy atractivo para el comprador. Pero si la capa de ceras es muy gruesa, no permite el intercambio de gases y el fruto adquiere aromas y sabores desagradables. Actualmente, se tiende a sustituir las ceras por el sellado de los frutos con una adecuada envoltura plástica; sus efectos son similares a los de las ceras, pero con la ventaja de que se permite el intercambio de gases y se previene al fruto de ataques posteriores de hongos.

El enfriamiento rápido del fruto, para eliminar el *calor del campo*, reduce su pérdida de agua y retarda la evolución de la maduración, minimizando, así, su deterioro. Con ello, el fruto se puede recolectar en el momento de óptima madurez y presentarlo en el mercado con una mejor coloración y calidad organoléptica. Por otra parte, cuanto más pronto se lleva el fruto a su temperatura de almacenamiento tras la recolección, mayor es el periodo de conservación que tolera. En algunos casos, sin embargo, se detectan efectos secundarios negativos, como en el caso de los melocotones en los que aumenta la incidencia de *harinosidad*, y de las cerezas, en las que se incrementa la incidencia de *pitting* si sufren lesiones mecánicas durante el enfriamiento.

Los tratamientos preventivos de desórdenes fisiológicos no son los únicos a los que se someten los frutos tras su recolección. Así, las variedades más precoces de frutos cítricos son tratadas con etileno para provocar la pérdida de clorofilas de su corteza (desverdezación) y adelantar así su periodo de comercialización. Los caquis son tratados con CO₂ o con alcoholes para eliminar su astringencia. Estos tratamientos, en determinadas condiciones, pueden acortar la vida de almacenamiento de los frutos. Por el contrario, las manzanas pre-tratadas con CO₂ antes de su almacenamiento reducen su respiración, mantienen su aroma y se mantienen más firmes hasta su comercialización. Del mismo modo, un tratamiento de 2-4

semanas con 12% de CO_2 prolonga la vida de almacenamiento de las peras, retarda la producción de etileno, retrasa la aparición del climaterio y retiene la firmeza de los frutos.

5.2. Tratamientos de almacenamiento

El almacenamiento a bajas temperaturas resulta beneficioso porque la respiración y el metabolismo se reducen; pero su acción no afecta a todos los procesos metabólicos con la misma intensidad. Algunos prácticamente cesan, pero otros no son alterados. Las bajas temperaturas provocan el paso de la fase de membrana cristalino-líquida a sólido-gel y ello conlleva, a) un aumento de su permeabilidad, b) un incremento de la energía de activación de los enzimas ligados a ella, y c) una interrupción de la corriente citoplasmática. Como consecuencia de todo ello, disminuye la disponibilidad de ATP y se altera gravemente el metabolismo celular, acumulándose metabolitos tóxicos, como acetaldehído, etanol, etc., que provocan la muerte celular y tisular y, por tanto, daños fisiológicos que afectan a la calidad del fruto (*pitting*, colapsos, etc.); el problema, sin embargo, puede subsanarse con exposiciones térmicas breves que permitan a la membrana recuperar su fase cristalino-líquida. Por otra parte, el incremento de la permeabilidad de las membranas provoca una pérdida de solutos y su correspondiente alteración del balance iónico, lo que da lugar, también y directamente, a la muerte celular y tisular y a la aparición de daños en el fruto. El desconocimiento de estos fundamentos y del manejo del frío, como técnica de la conservación de frutos, puede acarrear serios problemas de calidad, cuando no de integridad de los tejidos, y por consiguiente pérdidas importantes.

Para cada variedad existe una temperatura óptima de almacenamiento capaz de mantener al fruto en buenas condiciones durante un periodo máximo de almacenamiento. Dicha temperatura es próxima a 0°C para la mayoría de los frutos de las regiones templadas, como frutos de pepita, de hueso, caqui y uva. A estas temperaturas se retarda considerablemente el desarrollo de enfermedades y se mantiene una buena calidad del fruto. Otros frutos, generalmente de origen tropical, como plátanos y mangos, pero también propios de zonas templadas, como limones, algunas variedades de mandarinas y pomelos, son sensibles a la aparición de alteraciones fisiológicas (generalmente *pitting*) cuando se almacenan a temperaturas inferiores a 10°C (Foto 9.3). Los frutos típicamente de origen subtropical, como aguacates, granadas y naranjas, tienen temperaturas óptimas de almacenamiento entre 0°C y 10°C . El modo más eficaz para el control de los daños por frío es determinar la temperatura crítica para su desarrollo en cada especie y/o variedad, y almacenar sus frutos a una temperatura superior. La aplicación de frío en cascada, desde 3°C a 0°C en el primer mes, reduce el decaimiento del fruto y el escaldado en las peras, y también da resultados apreciables en los frutos cítricos. La inmersión de frutos en agua caliente (50°C - 54°C) durante 3 minutos antes de almacenarlos a 6°C durante 30 días, proporciona resultados excelentes en la prevención

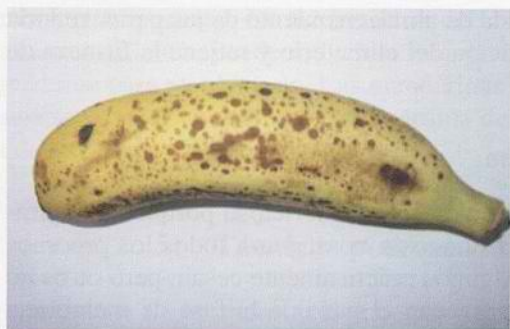


Foto 9.3. Lesiones (*peel pitting*) sobre el epicarpo del plátano y el flavedo de las mandarinas producidas por las bajas temperaturas de almacenamiento.

de *peel pitting* en la mandarina 'Fortune'. En manzanas y frutos de hueso, la interrupción temporal del frío a mitad del periodo de conservación, subiendo la temperatura hasta 20° C, reduce los daños atribuidos al frío.

5.3. Humedad

La pérdida de agua por los frutos durante su almacenamiento también puede evitarse manteniéndolos en cámaras con una elevada humedad relativa. En cámaras convencionales esto resulta prácticamente imposible, ya que es muy difícil mantener la HR por encima del 85%, sobre todo a temperaturas bajas. Pero existen cámaras especiales en las que la HR puede mantenerse constantemente entre el 98% y el 100%.

El principal defecto de estas cámaras es la disponibilidad al «cracking» que presentan los frutos allí almacenados.

La HR de trabajo de estas cámaras viene determinada por el equilibrio entre las exigencias fisiológicas del fruto por valores elevados de ella para prevenir su marchitez y pérdida de peso, y las necesidades de valores bajos para evitar el desarrollo de agentes patógenos que provoquen su decaimiento. En general, valores de la

HR del orden del 90% son los más adecuados para almacenar la mayor parte de los frutos en condiciones de equilibrio.

5.4. Atmósfera controlada

La utilización de una atmósfera controlada es uno de los medios más eficaces de conservación de frutos. Aunque muchos de los efectos fisiológicos que promueven sobre ellos no se conocen con profundidad, su eficacia para la mayor parte de los frutos ha sido ampliamente experimentada. El control de la atmósfera de almacenamiento no sólo comprende la alteración de los niveles de O_2 y CO_2 , sino la eliminación de otros gases, como el etileno y el CO .

La atmósfera controlada puede lograrse obteniendo los niveles de O_2 y CO_2 procedentes de la respiración de los frutos encerrados en una cámara estanca. Este método es el que se utiliza cuando se envuelven los frutos para su venta con plásticos impermeables. Los plátanos se envuelven en bolsas de polietileno con un agente absorbente de etileno y se conservan bien (Foto 9.4). En ellas la concentración de O_2 es baja, pero la respiración del fruto crea una atmósfera rica en CO_2 . El mayor problema lo constituye la posibilidad de infecciones por *Geotrichum candidum*, como se ha dicho más arriba.



Foto 9.4. Diversos envases de frutos para su comercialización.

Un método más rápido es la adición directa de CO_2 a las cámaras de almacenamiento de frutos, pero no todos ellos responden bien. Particularmente positivo

resulta el tratamiento de melocotones. En una atmósfera de un 20% de CO_2 , la aparición de *harinosidad* a los 30 días de almacenamiento a 1° C más una semana a 20° C, es prácticamente inexistente, mientras que al aire no se pueden superar los 7-14 días de almacenamiento. De un modo similar, el período de almacenamiento de manzanas y peras puede duplicarse con el empleo de la atmósfera controlada.

Junto a las ventajas que la atmósfera controlada reporta, no sólo en prolongar la vida poscosecha de los frutos, sino en reducir la incidencia de algunos procesos negativos, como la *mancha Jonathan* a concentraciones del 2% de CO_2 , o el *bitter-pit* y el *decaimiento* de las manzanas, son evidentes, también, algunos efectos negativos. Así, en algunos frutos, el control de la atmósfera puede retardar la coloración del fruto tras su salida de la cámara, puede inducir alteraciones fisiológicas graves y hasta causar un incremento del decaimiento. Ello se debe a que frutos botánicamente próximos (p. ej. diferentes variedades de una misma especie) presentan tolerancias diferentes para bajas concentraciones de O_2 y altas de CO_2 . Si el oxígeno disminuye ligeramente de la concentración adecuada, o el CO_2 sube en igual intensidad, toda una partida de manzanas almacenadas puede perderse al desarrollar malos olores o alteraciones fisiológicas. El grado de sensibilidad varía no sólo entre variedades, sino entre áreas de cultivo para una misma variedad y entre años para una misma área de cultivo. La concentración de O_2 recomendada para el almacenamiento de manzanas es entre 2,5% y 3%, aunque concentraciones inferiores pueden mejorar la calidad.

La maduración del fruto puede controlarse bien reduciendo la concentración de O_2 , bien aumentando la de CO_2 , ya que en ambos casos se inhibe la síntesis de etileno. El CO_2 es capaz de inhibir la maduración de los frutos aún en presencia de una concentración de etileno que la provocaría en condiciones atmosféricas normales. La acción del etileno también puede ser controlada almacenando los frutos a una concentración hipobárica o retirando el etileno que los frutos producen.

6. Referencias bibliográficas

- Ben Arie, R. y Lurie, S. 1986. «Prolongation of fruit life after harvest». En: *Handbook of fruit set and development*, S.P. Monselise (Ed.), CRC Press, Boca Ratón, Florida, EE.UU.
- Herrero, A. y Guardia, J. 1992. *Conservación de frutos. Manual técnico*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Hultin, H.O. y Milner, M. 1978. *Postharvest biology and biotechnology*. Food and Nutrition Press, Wesport, Connecticut, EE.UU.
- Pantastico, E.B. 1975. *Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables*. AVI Publishing, Wesport, Connecticut, EE.UU.
- Tuset, J.J. 1988. *Podredumbres de los frutos cítricos*. Generalitat Valenciana, Valencia, España.
- Wills, R.H.H.; Lee, T.H.; Graham, D.; McGlasson, W.B. y Hall, E.G. 1981. *Postharvest. An introduction to the physiology and handling of fruits and vegetables*. AVI Publishing, Wesport, Connecticut, EE.UU.

CAPITULO 10

PROPAGACION Y MEJORA DEL MATERIAL VEGETAL

1. Propagación del material vegetal

La propagación del material vegetal en arboricultura se realiza sexual y asexualmente. Las especies forestales y los patrones frutales se propagan por semilla; cuando es así reciben el nombre de *francos*. La propagación asexual tiene interés tanto para la obtención de patrones, que en este caso reciben el nombre de *clonales*, como para la reproducción de variedades.

1.1. Propagación sexual

La germinación de las semillas se produce cuando éstas se sitúan en condiciones adecuadas de humedad, luz y temperatura. La nueva planta se origina a partir de un embrión, procedente del cigoto formado, a su vez, por la unión de la ovocélula del gametofito femenino con uno de los dos núcleos generativos del polen.

En algunas especies, el embrión puede formarse sin fecundación previa. Este fenómeno, que recibe el nombre de *apomixia*, da lugar a semillas con embriones que se originan por vía vegetativa a partir de la ovocélula o bien de las células de la nucela (*embriones nucelares*) o de los tegumentos (*embriones tegumentales*). La apomixia se encuentra en algunas especies del género *Malus*, en el avellano y, sobre todo, en los agrios (algunas especies del género *Citrus* y en el género *Poncirus*). Las semillas de algunas especies de estos últimos son poliembriónicas, es decir, contienen varios embriones, de los cuales sólo uno de ellos es sexual, siendo el resto nucelares (Foto 10.1). Una sola semilla da lugar, por tanto, a varias plántulas apomícticas (*plantas nucelares*), con genotipo idéntico a la planta madre.



Foto 10.1. Cuatro plántulas emergiendo de una semilla de citrange Carrizo [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf. \times *Citrus sinensis* (L.) Osb.]. Solo una es de origen sexual, las otras tres son de origen nucelar.

Pero en fruticultura, lo más frecuente es que las semillas den lugar a plantas genotípica y fenotípicamente diferentes entre sí y de las plantas madre. El elevado grado de heterocigosis de las especies frutales y la fecundación cruzada son responsables de ello. Como consecuencia, las plantas procedentes de semilla poseen un elevado grado de heterogeneidad. Esta es de gran importancia para la mejora genética, pero, al mismo tiempo, supone una seria dificultad para los viveristas que, en esas condiciones, serían incapaces de ofrecer plantas de comportamiento y características idénticas; es por ello que la reproducción por semillas se utiliza únicamente para la obtención de patrones. Por otra parte, la transmisión de virosis a través de las semillas es muy escasa, por lo que los patrones francos constituyen un material de propagación muy importante bajo un punto de vista sanitario.

Un aspecto negativo de la obtención de plantas por semilla lo constituye la juvenilidad. Fisiológicamente, el estado juvenil comprende un período de la vida de la planta durante el cual es capaz de crecer exponencialmente, pero incapaz de inducir el proceso floracional, al mismo tiempo que desarrolla diversas estructuras morfológicas características (espinas, deformación de frutos,...) y posee una

mayor aptitud para la rizogénesis de las ramas. Con el tiempo, la planta evoluciona hacia su estado adulto, proceso que inicia siempre desde sus partes más altas. El retraso en la entrada en producción es, a la vista de ello, la característica agronómica más importante.

Un aspecto a destacar en la propagación sexual es la capacidad germinativa de las semillas. Durante el desarrollo de éstas (coincidente con el del fruto), su síntesis hormonal es muy importante y va transcurriendo desde la de promotores a la de inhibidores cuando alcanza su madurez. Con ello, los embriones de la semilla alcanzan un estado de latencia que los mantiene quiescentes aunque las condiciones ambientales sean favorables para la germinación. La siguiente reducción de inhibidores, implicados en procesos de respiración, e incremento de promotores, rompe dicha latencia. A partir de ese momento, la germinación está sujeta a las condiciones ambientales, las cuales, además, condicionan la duración de su capacidad germinativa. Esta varía desde unos pocos días (níspero) hasta varios años (olivo, vid,...).

Algunas semillas poseen cubiertas resistentes que pueden retrasar la germinación. En estos casos, antes de la siembra son sometidas a tratamientos que facilitan la rehidratación y los intercambios gaseosos. Estos son, básicamente: 1) inmersión en agua caliente, durante 12 h, para reblandecer las cubiertas; y 2) tratamientos mecánicos o químicos capaces de romper su involucro y aumentar su permeabilidad. Por último, la aplicación de giberelinas a semillas quiescentes favorece su germinación.

En general, la siembra debe realizarse en primavera, dado que la temperatura de germinación, en la mayor parte de las especies, está alrededor de los 15° C. Normalmente se efectúa en *semillero*, bien al aire libre, bien bajo cubierta, y eventualmente con el sustrato caliente (*cama caliente*). Se distribuyen en el terreno a voleo, o en surcos, si son muy voluminosas, o por fajas, si poseen escasa capacidad germinativa.

1.2. Propagación vegetativa

La reproducción asexual o *reproducción agámica* se basa en la capacidad que tienen algunos órganos vegetativos de enraizar o de unirse entre sí (*injerto*) para formar un organismo bímembre. Este tipo de reproducción ofrece dos ventajas importantes:

1. Eludir el periodo juvenil, con lo que la entrada en producción es mucho más rápida.
2. Originar descendencias homogéneas, bajo el punto de vista genético, e idénticas a la planta madre.

Por el contrario, transmiten a las nuevas plantas las eventuales virosis que las plantas madre puedan tener.

A pesar de ello, la fidelidad en la transmisión de caracteres a través de este tipo de reproducción tiene sus excepciones. Así, la planta de la que se toma el material a injertar ejerce una notable influencia sobre las nuevas plantas; en el peral, manzano y olivo, las yemas para injertar tomadas de ramos muy vigorosos y con caracteres juveniles, inducen un acentuado vigor en los nuevos árboles; en el manzano las yemas tomadas de las partes basales de los ramos dan lugar a árboles más productivos que las yemas tomadas de la zona media o apical de aquellos. Esta influencia recibe el nombre de *topófisis*.

En ocasiones, la diferenciación en la zona del injerto de yemas adventicias con la participación de tejidos meristemáticos de los dos biontes, da lugar a *quimeras de injerto*. Ello origina plantas con características del patrón y del injerto irregularmente distribuidas por sus órganos.

Pero la mayor importancia radica en las *mutaciones gemarias*, espontáneas (la mayor parte de las veces) o inducidas, ya que ello conlleva modificaciones sustanciales en la carga genética que pueden ser reproducidas fielmente con el injerto. Estas modificaciones pueden afectar al genoma (*mutaciones genómicas*), con la consiguiente modificación del número de cromosomas (*ploidía*), o bien a algún cromosoma (*mutación cromosómica*) o a algún gen (*mutaciones génicas*). Las mutaciones génicas surgen espontáneamente y cuando, junto con su interés agroeconómico y/o comercial, se demuestra su estabilidad y constancia de caracteres y de hábito vegetativo, se constituye en una nueva variedad o *cultivar* (cv). Los ejemplos de grupos de cvs. así obtenidos en fruticultura son numerosísimos, desde las manzanas 'Delicious' ('Stark Delicious', 'Starkrimson', 'Starking'...), hasta las mandarinas Clementinas ('Clemenules', 'Oroval', 'Marisol', 'Oronules', 'Hernandina',...). La frecuencia con que mutan las yemas depende de las especies, siendo muy elevada en agrios y en el manzano y más reducida en el melocotonero, olivo, peral y vid.

La aparición de *poliploidía* da lugar a diferentes resultados, dependiendo del tipo de ploidía y de la especie. La triploidía puede llevar a una esterilidad total en el melocotonero y parcial en el peral, manzano y cítricos, pero sin disminuir sus características; todo lo contrario, en algunos casos, como en los cítricos, la ausencia de semillas es un carácter de buena calidad. La tetraploidía puede conducir a la formación de frutos de mayor tamaño, como en el peral y la vid, y a superar la autoincompatibilidad, al mismo tiempo que puede reducir la fertilidad y, con ello, la producción.

Cada cv. nuevo obtenido por mutación o cruzamiento constituye un clon y se llama, por tanto, *monoclonal*. La elevada aparición de mutaciones y su reproducción inadvertida da lugar a un conjunto de clones con unas características generales comunes a todos ellos, pero también con otras específicas, y todos ellos constituyen un *cultivar-población*. El método para la determinación de cada uno de estos clones recibe el nombre de *selección clonal*. Esta consta de las siguientes fases:

1. *Detección de grupos* de individuos en un área de cultivo con caracteres morfológicos, fisiológicos, fenológicos y productivos idénticos entre sí dentro de un grupo y diferentes entre grupos, que permita intuir la posible existencia de clones diferentes.
2. *Multipliación y cultivo homogéneo* de los diferentes grupos en campos de *comparación clonal*.
3. *Selección y conservación de clones*.

La selección clonal permite eliminar defectos y exaltar los caracteres positivos adquiridos por un cultivar a través de mutaciones sucesivas; pero, al mismo tiempo, aumenta su uniformidad y restringe, por tanto, la diversidad de base. La selección clonal se ha utilizado con éxito en cítricos, manzano, melocotonero, olivo y vid.

1.2.1. *Rizogénesis*

Se entiende por rizogénesis la formación de raíces adventicias en *estacas* o en porciones de raíces separadas de la planta. El proceso consiste en la organización de iniciadores radiculares en las células del floema secundario, del cambium o de los radios parenquimáticos del leño, que se transforman en primordios radiculares. Estos, en condiciones adecuadas, crecen, atraviesan la corteza y emergen al exterior, al mismo tiempo que, por el interior, se unen a los haces vasculares. La capacidad de rizogénesis varía con las especies.

Una estaca es una parte de la planta provista de yemas y que, en condiciones adecuadas, puede ser inducida a emitir raíces; una vez enraizada recibe el nombre de *barbado*. En fruticultura, se utilizan como estacas porciones de ramas, que se denominan *estacas leñosas*, porciones de brotes parcialmente lignificados, que son las *estacas herbáceas o semileñosas*, y porciones de raíces o *estacas radicales*.

El enraizamiento de las estacas puede verse alterado por diversos factores. Así:

1. La brotación de las yemas caulinares de las estacas leñosas es competitiva con la iniciación de raíces.
2. En las estacas herbáceas, si la brotación se produce antes que la emisión de raíces, aquella agota las reservas hídricas y nutritivas de la propia estaca y ésta se marchita.
3. La estructura de la corteza influye decisivamente. Cuando las áreas de esclerenquima se organizan aisladamente y están separadas por amplias zonas de parénquima, el enraizamiento es más rápido.
4. En las estacas de ramas o ramos hay que tener en cuenta su polaridad. Estas enraizan por su parte basal, si la posición de la estaca se invierte se reduce su capacidad de enraizamiento.

5. La eliminación de yemas o de hojas impide la formación de raíces.
6. El estado nutricional de las estacas determina su capacidad de enraizamiento. Esta es muy exigente en el consumo de carbohidratos.
7. La edad de las estacas. Las leñosas enraizan mejor las del año, aunque en algunas especies (p. ej. el olivo) la capacidad rizogénica aumenta con la edad de los órganos de los que se separan las estacas.
8. La edad de la planta madre. En general las estacas tomadas de plantas jóvenes enraizan mejor que las tomadas de plantas adultas.
9. Las técnicas culturales encaminadas a rejuvenecer la planta (poda) o a incrementar su actividad vegetativa (riego y fertilización), mejoran la capacidad rizogénica de las estacas.
10. Existen variaciones estacionales en la capacidad de enraizamiento. Las estacas leñosas tomadas en otoño enraizan mejor que las tomadas en invierno.

La rizogénesis está controlada hormonalmente. Las auxinas juegan un papel preponderante en este proceso, de modo que éstas, que se forman en las yemas y hojas de la estaca, migran basipetamente por el floema y se concentran en la base de aquella determinando una zona de iniciadores radiculares. De este modo se explica la reducción del enraizamiento al invertir la posición de la estaca, por una parte, y al eliminar las hojas o yemas, por otra. Una prueba adicional lo constituye el hecho de que, en ambos casos, la adición de auxinas a la estaca restituye su capacidad rizogénica.

En la práctica, la propagación de plantas por estaquillado se inicia con la toma de estaquillas leñosas, de 15-30 cm (en la vid ligeramente mayores, 40-60 cm), durante el período invernal. Estas se conservan en un ambiente refrigerado hasta principios de la primavera, momento en el que se plantan, hundiéndolo su parte basal en el sustrato de enraizamiento o colocándolas en pequeños surcos al efecto. Las estaquillas semileñosas de especies perennifolias se toman a finales de otoño-principios de invierno y las de especies caducifolias a finales de primavera-principios de verano. La inmersión de las zonas basales de las estacas en una solución de 1.500 a 2.000 ppm de ácido indolbutírico (IBA), durante 25-30 segundos, promueve el enraizamiento de estaquillas leñosas. La *nebulización*, para mantenerlas en un ambiente saturado de humedad, y el *calentamiento del medio de cultivo*, logrado con la utilización de bandejas con calefacción basal, ayudan notablemente a elevar la potencialidad rizogénica de las estacas.

1.2.2. *Micropropagación*

La micropropagación consiste en cultivar *in vitro*, sobre un medio adecuado, células aisladas, meristemos, ápices vegetativos que han iniciado su desarrollo o microestaquillas (estaquillas herbáceas) hasta conseguir una nueva planta. Estas técnicas están basadas en la capacidad de organogénesis que poseen las células

vegetales. En arboricultura su desarrollo es, todavía, muy limitado y el material de partida consiste, en general, en yemas o porciones de ápices meristemáticos caulinares en crecimiento.

El proceso comprende las siguientes fases:

1. Esterilización del material vegetal a utilizar.
2. Obtención de los explantos, esterilización y siembra en un medio de cultivo y recipientes adecuados.
3. Multiplicación de explantos para su cultivo en cámaras climatizadas, con temperatura de 20°-25° C, iluminación de 3.000-5.000 lux y fotoperíodo de 16-24 h. Los brotes que generan son la base de obtención de microestaquillas.
4. Enraizamiento de microestaquillas en un medio adecuado.
5. Aclimatación y transplante de las estaquillas enraizadas, mediante el paso sucesivo desde las condiciones controladas del cultivo *in vitro* a las condiciones variables del cultivo en el campo. Este proceso dura entre 20 y 40 días y debe ser acompañado de tratamientos fitosanitarios para impedir el ataque de microorganismos patógenos e insectos.

La evolución morfogenética de los explantos está regulada por la composición del medio de cultivo y, en particular, de su componente hormonal. La relación citoquininas/auxinas, variable según las especies y los tejidos en cultivo, juega un papel clave en el proceso.

Las ventajas de la micropropagación consisten en:

- a) El empleo de una planta madre asegura la clonación.
- b) Obtención de muchas plantas en un espacio reducido y en un tiempo corto.
- c) Regulación de los programas viverísticos con independencia del clima.
- d) Obtención de plantas libres de virus. Estos se transmiten por el floema y dada la ausencia de diferenciación en los extremos apicales de los meristemos caulinares, la posibilidad de que en ellos estén presentes es muy reducida.

1.2.3. Otros tipos de propagación

En las especies que poseen una limitada capacidad rizogénica se recurre a métodos de autoenraizamiento, consistentes en promover la formación de raíces sobre brotes o ramos todavía unidos a la planta madre.

Cuando los órganos a enraizar son brotes, adquiere gran importancia su *etiolamiento*. Son tejidos etiolados aquellos que se desarrollan a la oscuridad y se caracterizan por no poseer clorofilas, acumular sustancias hormonales de efecto rizogénico y adquirir una estructura más adecuada para la formación de raíces. Para

lograr la etiolización se recurre al *acodo*, esto es, a ocultar de la luz un trozo de una rama del árbol. Los tipos de acodo utilizados en fruticultura son los siguientes:

- *Acodo aéreo*. Consiste en aplicar alrededor de un ramo, al que previamente se le ha aplicado una incisión, una envoltura plástica opaca conteniendo un sustrato húmedo que propicie su enraizamiento (Fig. 10.1). Cuando aparecen las raíces, se separa el barbado cortándolo de la planta madre por debajo de las raíces y se planta en un suelo adecuado para promover su crecimiento. Este tipo de acodo es poco utilizado en fruticultura.

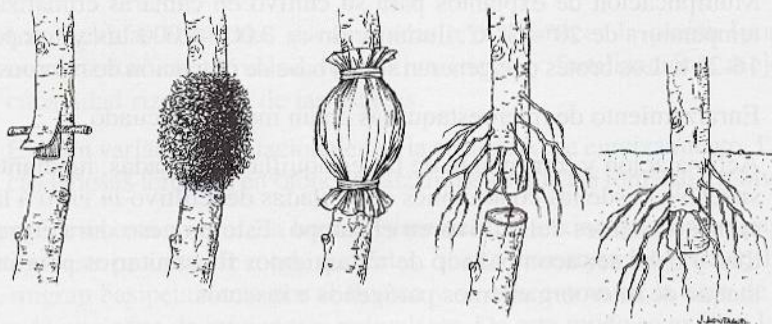


Figura 10.1. Fases del acodo aéreo. En una rama bien formada se practica un corte que se cubre con algo que mantenga la humedad (turba, tierra, virutas, etc.), se tapa y se espera a que la zona enraíce y pueda ser separada de la planta como un nuevo barbado (Basado en Baldini, 1992).

- *Acodo simple*. Consiste en arquear un ramo de modo que quede enterrado por su parte media, con lo que enraizará, dejando su parte distal al aire libre (Fig. 10.2). Se emplea en numerosos frutales.

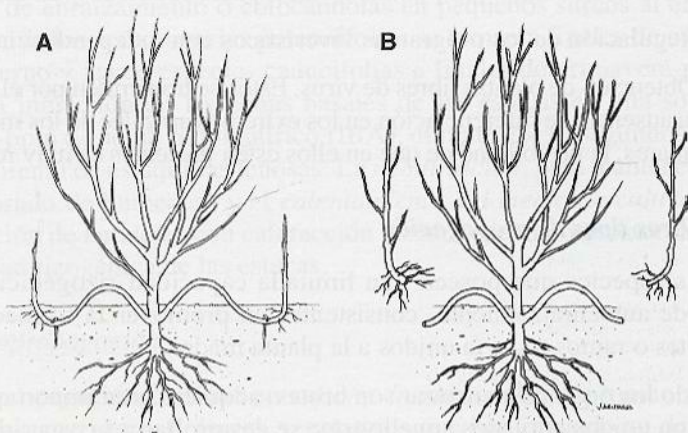


Figura 10.2. Fases del acodo simple. A: preparación de la planta enterrando parcialmente algunos ramos bien formados hasta que enraícen. B: obtención de barbados (Basado en Baldini, 1992).

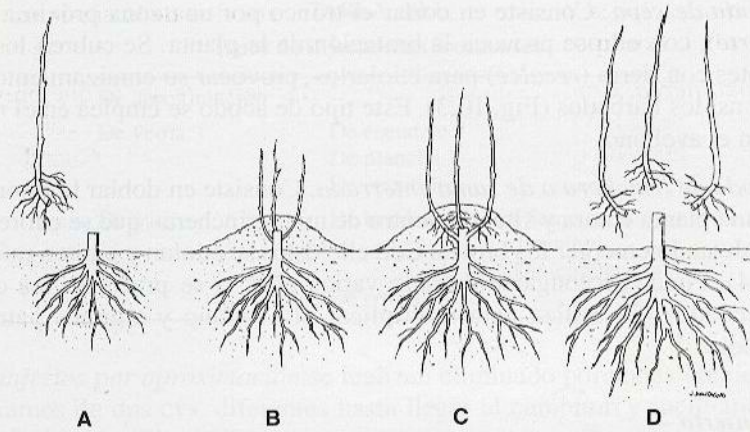


Figura 10.3. Fases del acodo de cepa. A: plantación y rebaje de la planta madre. B: recalce de los brotes emitidos. C: enraizamiento de los brotes. D: separación y obtención de los barbados (Basado en Baldini, 1992).

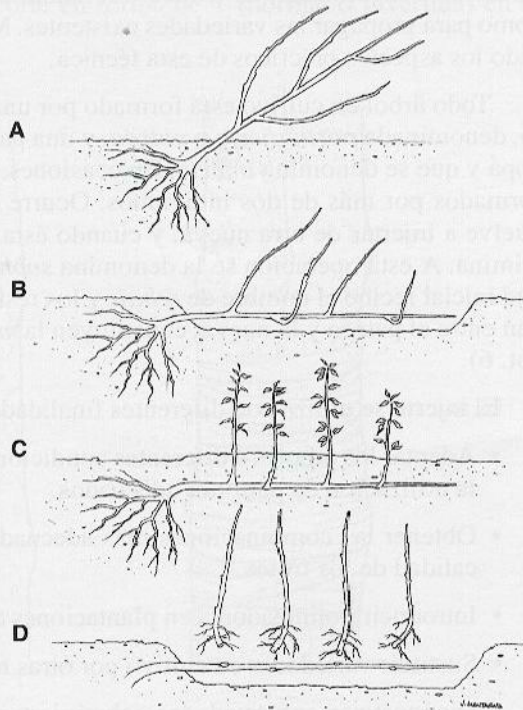


Figura 10.4. Fases del acodo de trinchera. Los barbados se plantan inclinados (A) para facilitar su arqueado y enterrarlos en una trinchera (B) hasta recalzar sus brotes (C), favorecer su enraizamiento y obtener nuevos barbados (D) (Basado en Baldini, 1992).

- *Acodo de punta.* Consiste en enterrar la parte apical de los brotes para que enraíce. No es muy utilizado en fruticultura.

- *Acodo de cepa*. Consiste en cortar el tronco por una zona próxima al suelo (*corte*); con ello se provoca la brotación de la planta. Se cubren los nuevos brotes con tierra (*recalce*) para etiolarlos, provocar su enraizamiento y obtener así los barbados (Fig. 10.3). Este tipo de acodo se emplea en el manzano y en el avellano.
- *Acodo de trinchera o de rama enterrada*. Consiste en doblar horizontalmente una planta entera y situarla dentro de una «trinchera» que se cubre con tierra dejando emerger los brotes. Con ello éstos se etiolan y emiten raíces (Fig. 10.4). Puede prolongarse durante varios años si se practican los cuidados adecuados. Se utiliza para multiplicar el avellano y algunos patrones de ciruelo.

1.2.4. *Injerto*

El injerto es un método de reproducción vegetativa consistente en la unión de partes de plantas diferentes para formar un solo individuo. Es la técnica de multiplicación más utilizada en fruticultura, tanto para la obtención de nuevas plantas como para propagar las variedades existentes. Mataix y Villarubia (1999) han recogido los aspectos prácticos de esta técnica.

Todo árbol en cultivo está formado por una parte situada por debajo del injerto, denominada *portainjerto* o *patrón*, y una parte superior, injertada, que forma la copa y que se denomina *injerto*. En ocasiones, los árboles en cultivo pueden estar formados por más de dos individuos. Ocurre cuando una variedad en cultivo se vuelve a injertar de otra nueva, y cuando ésta última se desarrolla, la anterior se elimina. A esta operación se la denomina *sobreinjertar*, la separación de la variedad inicial recibe el nombre de *rebaje* y los restos de la primera variedad, que quedan entre el patrón y la nueva, constituyen la *madera intermedia* (ver Capítulo 11, apt. 6).

El injerto se utiliza con diferentes finalidades, entre ellas:

- Adaptar los árboles a diferentes condiciones ambientales (suelo y clima), con la utilización de patrones adecuados.
- Obtener las combinaciones más adecuadas para mejorar la producción y la calidad de los frutos.
- Introducir polinizadores en plantaciones con dificultades de producción.
- Sustituir variedades en cultivo por otras más recientes y de mayor interés.
- Diagnosticar enfermedades sobreinjertando plantas indicadoras que muestren síntomas inequívocos de aquellas.

Los tipos de injerto posibles son numerosos, pero solamente unos pocos se utilizan con frecuencia en fruticultura (Tabla 10.1).

TABLA 10.1
Tipos de injerto más frecuentes

De aproximación		
De yema	De escudete	
	De plancha	
	De canutillo	
De púa	De hendidura	Diametral
		Terminal
		De lengüeta
	De corona	

Los *injertos por aproximación* se realizan eliminando porciones iguales de corteza de ramos de dos cvs. diferentes hasta llegar al cambium y facilitando posteriormente su unión (Fig. 10.5).

Cuando lo que se injerta es una porción de corteza que contiene una yema, se denomina *injerto de yema*. Este, según el modo de injertar, puede ser: a) *de escudete*, o *en T*, porque se realiza un corte en forma de T (normal o invertida) en la

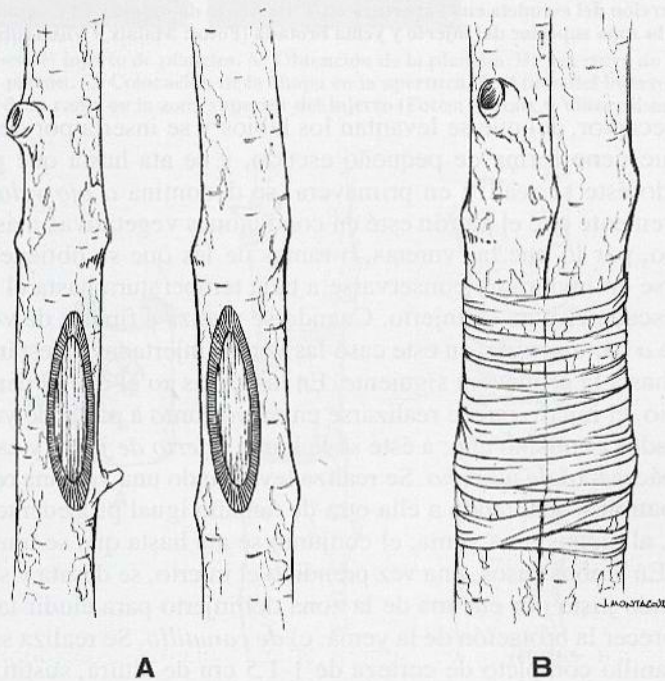


Figura 10.5. Injerto de aproximación. Dos ramas de tamaño y vigor semejantes se cortan lateralmente (A) para poder unir sus tejidos (B) y obtener una planta combinación de las dos (Basado en Baldini, 1992).

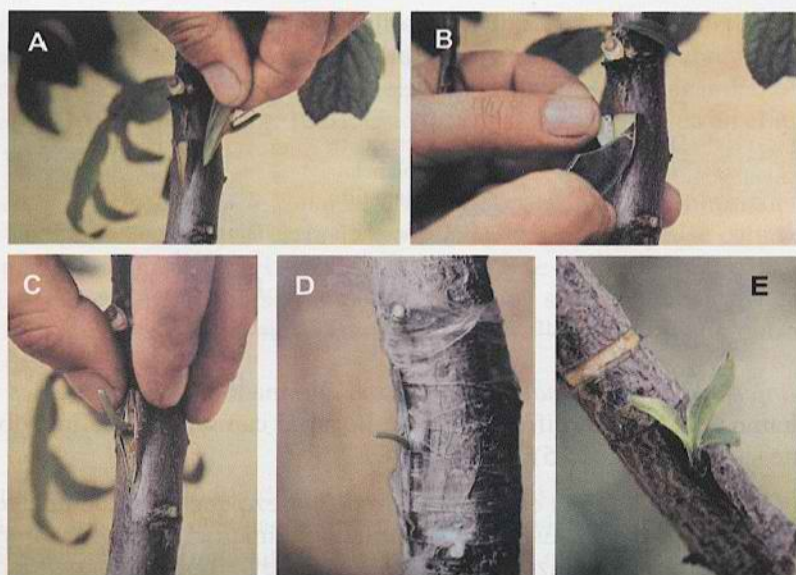


Foto 10.2. Fases del injerto de escudete. A: obtención del escudete. B: Corte en T de la corteza del patrón. C: Inserción del escudete en la apertura en T. D: Atado del injerto. E: Cotana o rayado de la rama en la zona superior del injerto y yema brotada (Fotos: Mataix y Villarrubia, 1999).

corteza del receptor, del que se levantan los labios y se inserta por debajo de ellos el injerto, que tiene forma de pequeño escudo, y se ata hasta que prenda (Foto 10.2). Cuando éste se realiza en primavera, se denomina *a ojo velando*; en este caso es conveniente que el patrón esté en condiciones vegetativas más adelantadas que el injerto, por lo que las varetas, o ramas de las que se obtienen las yemas, deben cortarse en invierno y conservarse a baja temperatura hasta el momento de separar los escudetes para su injerto. Cuando se realiza a finales de verano, recibe el nombre de *a ojo dormido*; en este caso las yemas injertadas ya están quiescentes y no brotan hasta la primavera siguiente. En las zonas en el que el período vegetativo es amplio, el injerto puede realizarse en mayo-junio a partir de yemas de brotes desarrollados el mismo año; a éste se le llama *injerto de junio* y es utilizado en algunas drupáceas. b) *de plancha*. Se realiza levantando una ventana rectangular de corteza del patrón y adaptando a ella otra de tamaño igual procedente del donador y conteniendo, al menos, una yema; el conjunto se ata hasta que se unan los tejidos (Foto 10.3). En ambos casos, una vez prendido el injerto, se desata y se realiza una cotana o rayado justo por encima de la zona del injerto para eludir la dominancia apical y favorecer la brotación de la yema. c) *de canutillo*. Se realiza separando del receptor un anillo completo de corteza de 1-1,5 cm de altura, sustituyéndolo por otro, de las mismas dimensiones, procedentes de la vareta donadora y conteniendo, al menos, una yema (Fig. 10.6). Todos estos tipos de injerto deben realizarse cuando el cambium se encuentre en actividad; entonces la corteza se separa fácilmente del

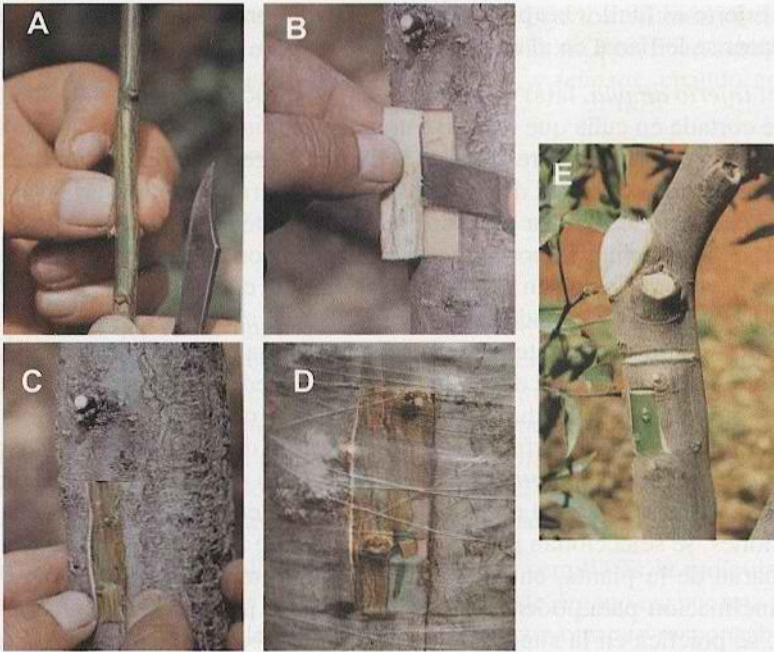


Foto 10.3. Fases del injerto de plancha. A: Obtención de la plancha. B: Apertura de una ventana en la corteza del patrón. C: Colocación de la chapa en la apertura. D: Atado del injerto. E: Cotana o rayado de la rama en la zona superior del injerto (Fotos: Mataix y Villarrubia, 1999).

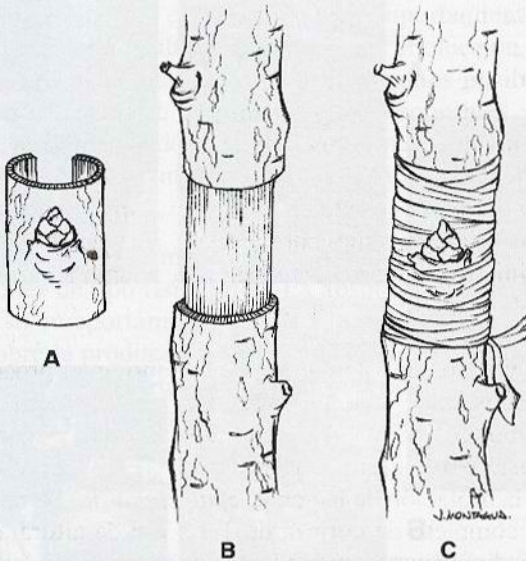


Figura 10.6. Injerto de canutillo. A: Obtención de un anillo de corteza conteniendo la yema de la variedad a sobreinjertar. B: Hendidura realizada en el patrón para acoplar el anillo de la variedad. C: Atado del injerto (Basado en Baldini, 1992).

leño, el injerto es fácil y las probabilidades de que prenda muy altas; a este estado del receptor se le llama en el campo «estar en savia».

En el *injerto de púa*, la(s) yema(s) a injertar se localiza en una porción de ramo con base cortada en cuña que recibe el nombre de púa. Este tipo de injerto se realiza un poco antes de que se reanude la actividad vegetativa de la primavera. También en este caso las varetas deben cortarse en invierno y conservarlas a baja temperatura, para que al realizar el injerto el patrón esté en actividad más avanzada. Los tipos de injerto más importantes de este grupo son *de hendidura*, en los que se introduce la cuña de la púa en una hendidura entre la corteza y el leño practicada en el patrón (Foto 10.4A); cuando la púa se incrusta en el extremo del tallo del patrón seccionado longitudinalmente para ello, se denomina *de hendidura terminal*. Si el injerto se realiza después de decapitar al patrón, pueden colocarse, entre corteza y leño, dos púas en posición diametralmente opuesta o varias de ellas a lo largo de todo el perímetro de la superficie de corte del patrón decapitado, denominándose al injerto *de hendidura diametral* o *de corona* (Foto 10.4B), respectivamente. El injerto en corona se practica en la citricultura brasileña para cambiar de variedad. En ocasiones, se seleccionan patrón y púa a partir de ramas de diámetros similares y se separan de la planta, en cada caso, mediante un corte oblicuo que tenga la misma inclinación para poder superponer, después, patrón e injerto; en este caso, además, se practica en la superficie de corte de ambas partes dos lengüetas complementarias para que encajen mejor y se mantenga firme la unión. Este tipo se denomina *injerto de lengüeta* o *injerto inglés*.

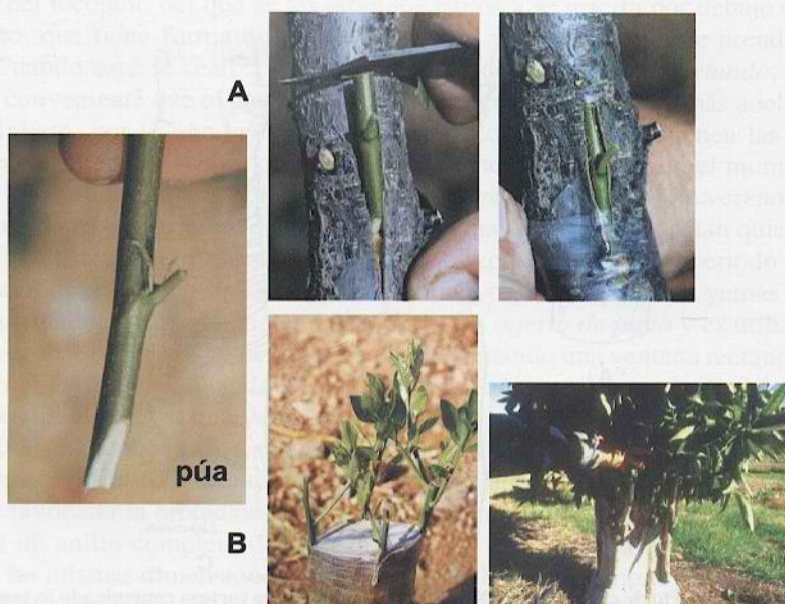


Foto 10.4. Tipos del injerto de púa. A: Injerto de hendidura. B: Injerto de corona.

Según el grado de lignificación de los tejidos, los injertos también se clasifican en *herbáceos*, cuando patrón e injerto se hallan todavía sin lignificar, *semileñosos*, cuando el injerto está lignificado pero el patrón no, y *leñosos*, cuando ambos lo están.

2. Patrones

2.1. Aspectos generales

Las partes de que está compuesto un árbol, esto es, el portainjertos o patrón y el cultivar, son dos individuos genotípica y fenotípicamente diferentes, cuyas características individuales, mutuamente condicionadas, definen su comportamiento agronómico. Es decir, la manifestación de las características propias de una variedad depende, en gran medida, del patrón sobre el que se halla injertado. Forner (1979) y Felipe (1989) han revisado las características de los principales patrones de agrios y frutales, respectivamente, empleados en España.

El primer órgano de la planta que emerge de la semilla es la radícula, o raíz principal, de la que surge todo el sistema radicular. Este órgano es, por una parte, el que da soporte al árbol, anclándolo en el suelo y, por otra, es responsable de la absorción de agua y nutrientes minerales. Como en un árbol frutal el patrón queda restringido al sistema radicular, su papel se identifica con el de éste. Su acción en el desarrollo y producción es, por tanto, decisiva.

La influencia que el medio ejerce sobre el comportamiento de los patrones, tiene su repercusión en la dificultad que representa la elección del más adecuado para unas condiciones dadas. Las diferentes situaciones posibles no pueden ser asumidas por un solo patrón de los actualmente disponibles. De entre ellas, su adaptabilidad a las condiciones del suelo, a la presencia de enfermedades y a diferentes fisiopatías, son determinantes del comportamiento y, por tanto, de la calidad de un portainjertos.

Pero las diferencias en el comportamiento agronómico de los patrones obedecen también a razones de tipo fisiológico. La absorción de elementos minerales y de agua, así como su comportamiento frente a la salinidad, son aspectos decisivos de su influencia sobre la producción y la calidad del fruto de las variedades injertadas. La influencia de los portainjertos sobre el contenido foliar en elementos minerales es difícil de generalizar, ya que las diferencias entre ellos son muy amplias; pero aún así, en general, aquellos patrones que inducen un crecimiento vigoroso de la variedad injertada tienen contenidos foliares de elementos minerales más elevados.

Diferencias en el potencial hídrico de las hojas también se han encontrado en función del portainjertos. A este respecto, aquellos patrones que confieren a la variedad injertada un potencial hídrico menos negativo, las hacen más resistentes

al estrés hídrico. El incremento del *status* hídrico que ello supone afecta, también, a los frutos, favoreciendo su tamaño final y su maduración (mayor dilución de sólidos solubles). Estas diferencias en el potencial hídrico foliar no sólo se deben a diferencias en la capacidad (profundidad) de las raíces para incorporar agua, sino a la conductividad hidráulica de las raíces, responsable de la absorción de agua por unidad de masa radicular. En los cítricos, el potencial hídrico foliar conferido por el portainjertos ha sido, también, relacionado con el comportamiento de la variedad frente a las heladas.

2.2. Influencia del patrón sobre el desarrollo de la variedad

De acuerdo con Felipe (1989), la acción del portainjertos sobre el comportamiento de éstos y, por tanto, del árbol, afecta a los siguientes factores:

- a) *Vigor y desarrollo del árbol.* El efecto del patrón sobre el desarrollo de la variedad injertada es, probablemente, el más visible y notable. Parte de éste tiene su origen en la afinidad de su unión. Cuando ésta es perfecta, el comportamiento del árbol es óptimo. Pero, en ocasiones, el injerto y el patrón adquieren grosores diferentes y ello puede repercutir, negativamente, en el comportamiento agronomómico del nuevo árbol. Un ejemplo de este tipo de incompatibilidad lo constituye el injerto de mandarinos sobre *Poncirus trifoliata* (Foto 10.5). En este caso, el desarrollo del patrón es mayor que el de la variedad injertada, produciéndose, por encima de la zona del injerto, un estrangulamiento que puede afectar a la funcionalidad de los haces vasculares y reducir, en todo caso, la vida productiva del árbol. El efecto contrario, esto es, un mayor desarrollo de la variedad que del patrón, se produce al injertar limonero sobre naranjo amargo. Pero los casos expuestos no pueden considerarse propiamente como de incompatibilidad, ya que son las diferencias de pauta de crecimiento las que generan disfunciones. La verdadera incompatibilidad se da cuando la continuidad física o la compatibilidad fisiológica entre el patrón y el injerto no están garantizadas. En las plantas leñosas se distinguen dos tipos de *incompatibilidades*: *localizadas* y *translocadas*. En el primer caso, la unión entre injerto y patrón deja áreas sin soldar o necrosadas; las uniones son débiles y los árboles pueden morir rápidamente tras el injerto en los viveros. La utilización de maderas intermedias soluciona, en muchos casos, estos problemas. En el caso de la incompatibilidad translocada, las uniones son mecánicamente fuertes y, aparentemente, no existen defectos de soldadura entre el injerto y el patrón; el árbol vive durante un número impredecible de años en perfectas condiciones, hasta que el injerto y el patrón se separan físicamente, pudiéndose romper por acción del viento la carga de la cosecha, etc. Ejemplos de este caso de incompatibilidad son peral/membrillero, albaricoquero/mirobolano (Foto 10.5), cerezo dulce/cerezo ácido, etc.



Foto 10.5. Incompatibilidades injerto/patrón. Izquierda: Falta de afinidad en el desarrollo y vigor del mandarino 'Ellendale' injertado sobre patrón *Poncirus trioliata*. Derecha: Caso de incompatibilidad translocada entre albaricoquero (A) y patrón ciruelo Mirobolán (*Prunus cerasifera* Ehrh.) (B) de crecimiento rápido (Fuente: Baldini, 1992).

- b) *Rapidez de entrada en producción.* No siempre los patrones que inducen un mayor vigor y desarrollo sobre la variedad injertada, adelantan su entrada en producción. Esta característica es inherente a determinados patrones, existiendo amplias diferencias entre ellos.
- c) *Tamaño final, calidad y coloración de los frutos.* Estos factores también dependen, en gran medida, del patrón, hasta el punto que debe ser una de las razones importantes a la hora de seleccionarlo, en particular cuando se vayan a cultivar variedades con limitaciones en estos aspectos.
- d) *Productividad.* Esta debe referirse a la superficie de copa o diámetro de tronco, ya que el número de frutos recolectados no siempre está en relación directa con el tamaño del árbol. Del que pueda adquirir éste depende la densidad de plantación, los gastos de poda, tratamientos fitosanitarios, etc., y no siempre los árboles más grandes son los más rentables. En definitiva, una cosa es producción y otra productividad. La influencia del patrón sobre el vigor del árbol está, por tanto, relacionado con este factor.
- e) *Precocidad en la maduración.* También en este aspecto se han señalado diferencias entre patrones. Su influencia adquiere importancia cuando se trata de variedades precoces, cultivadas para llegar a los mercados lo antes posible.
- f) *Relaciones con las características del suelo.* La textura y estructura del suelo condicionan el comportamiento de un patrón. La profundidad que alcanzan las raíces y su densidad dependen de la textura del suelo. Por otra parte, los suelos arcillosos, tendentes al *encharcamiento* y, por tanto, con dificultades de aireación, restringen el número de patrones que pueden ser utilizados a aquellos que hayan mostrado resistencia a la asfixia.

El comportamiento de los patrones frente al contenido en caliza activa del suelo es, asimismo, de la mayor importancia, pero, a su vez, muy variable. La sensibilidad de un portainjerto a niveles elevados de ésta acarrea síntomas de *clorosis férrica*, sobre la que, asimismo, influyen otros factores como la riqueza del suelo en carbonato cálcico, su humedad y pH.

- g) *Comportamiento frente a virosis*. El papel de determinados virus induciendo incompatibilidad en determinadas combinaciones injerto/patrón, adquiere relevancia en algunos casos. El caso más conocido es la incompatibilidad translocada por el virus de la *Tristeza* entre variedades de naranjo dulce, de mandarino y de pomelo con algunos patrones, sobre todo, naranjo dulce. La lucha contra el virus de la *sharka* en el albaricóquero constituye otro ejemplo al respecto.

2.3. Tipos de patrones

Los patrones se pueden clasificar, de acuerdo con su origen, en *patrones francos* y *patrones clonales*. Los primeros son plantas procedentes de semilla. Los segundos se reproducen vegetativamente y surgen de la selección de plantas y de los programas de mejora genética.

Las plantas obtenidas a partir de la germinación de semillas de una especie no poseen características homogéneas cuando se utilizan como patrones, ya que son genéticamente distintas. Por tanto, presentan diferencias morfológicas y fisiológicas, tanto más acusadas cuanto más dispares sean sus orígenes. La tendencia actual es a sembrar semillas de variedades determinadas, por su origen conocido y comportamiento más homogéneo, con el fin de controlar su heterogeneidad. Para ello, se establecen campos destinados exclusivamente a la obtención de semillas y sobre los que se ejerce un control estricto y periódico con el fin de detectar cualquier anomalía de comportamiento o de infección vírica.

En fruticultura, al conjunto de individuos obtenido a partir de una sola planta, se le denomina *clon*, al individuo que ha dado origen al grupo *cabeza de clon* y al proceso de multiplicación que asegura la fidelidad del origen único *propagación clonal*. Los patrones así obtenidos son, por tanto, patrones clonales. La ventaja de este procedimiento es que los individuos tienen una dotación genética idéntica, por lo que su comportamiento, en condiciones de campo iguales, es muy homogéneo y, sobre todo, predecible. Dependiendo de su origen, cada clon de patrones tiene unas características determinadas de comportamiento, adaptación al medio, resistencia o tolerancia a enfermedades y de inducir características específicas sobre las variedades injertadas. Los clones seleccionados a partir de patrones ya existentes y la obtención de nuevos mediante programas de mejora genética, son los procesos más habituales en la obtención de nuevos patrones.

2.4. Características que debe reunir un buen patrón

El patrón ideal no existe, ya que son muchos los factores que influyen en su comportamiento y, sobre todo, en sus relaciones con la variedad injertada. Sin embargo, es posible establecer una serie de características que, en términos generales, definen su calidad, aunque estén sujetas a las variaciones inducidas por el medio (Felipe, 1989).

- *Propagación.* Un buen patrón debe ser fácilmente propagable, esto es, que sus semillas posean una alta capacidad de germinación, si se trata de patrones francos, o que presente una buena capacidad de enraizamiento en el caso de los patrones clonales.
- *Comportamiento en el vivero.* Las plantas han de ser de porte erguido y poco ramificadas, con el fin de facilitar su injerto. Además deben presentar un período prolongado de aceptación del injerto.
- *Compatibilidad.* Debe ser compatible con la mayor parte de las variedades de la especie para la que ha sido seleccionado.
- *Polivalencia.* Debe ser compatible con variedades de diferentes especies.
- *Control del vigor.* Los patrones capaces de controlar el vigor y dar lugar a plantas más manejables pueden reducir los costes de producción sin merma de ésta. Los patrones enanizantes son, por tanto, de gran interés para algunas especies frutícolas.
- *Adaptabilidad.* Un buen patrón debe vegetar en una amplia gama de condiciones ambientales, esto es, suelo y clima.
- *Productividad.* Debe inducir una pronta entrada en producción y dar lugar a cosechas elevadas, de calidad y constantes.
- *Longevidad.* La vida media de los árboles debe ser suficiente para rentabilizar la plantación.
- *Capacidad de trasplante.* El trasplante al terreno definitivo puede ocasionar fallos de adaptación, lo que retrasa el cultivo y/o provoca problemas de homogeneidad. Un buen patrón debe evitar estos problemas.
- *Baja producción de sierpes.* Un patrón con tendencia a serpear causa problemas de manejo del cultivo y fitosanitarios como consecuencia de infecciones tras su eliminación.
- *Buen anclaje.* Un árbol está en una plantación durante muchos años y su amarre al suelo debe estar garantizado para evitar su pérdida. Ello se halla relacionado con la capacidad de desarrollo de su sistema radicular y ésta depende del patrón.
- *Tolerancia a patógenos.* Tanto a animales, insectos o nemátodos, como a patógenos, hongos, bacterias y virus.

- *Resistencia a la asfixia radicular.* Ello le permite superar situaciones de lluvia, inundaciones o riegos excesivos.

3. Producción de plantas. Viveros

El lugar de producción de plantas para su distribución y utilización en las nuevas plantaciones, recibe el nombre de vivero. Esta fase, la producción de plantas, es de gran importancia en el desarrollo y rentabilidad de la explotación, ya que de la elección del material, esto es, combinación variedad/patrón, y de la calidad de las plantas, es decir, vigor, homogeneidad y estado sanitario, consecuencia de los cuidados durante su desarrollo en los viveros, depende en gran medida la longevidad, producción y calidad del producto de la plantación.

Las técnicas utilizadas en la producción de plantas han evolucionado mucho en los últimos años, en particular en lo referente al control sanitario y a la duración del proceso de producción. En este último aspecto, la producción de plantas en recintos protegidos, con un control del medio atmosférico, con sustratos más adecuados y prácticas culturales más eficientes, ha permitido la obtención de plantas de calidad en 18-24 meses, lo que contrasta con los 2-3 años requeridos para su producción en condiciones de campo y menos tecnificadas.

3.1. Localización de un vivero

Cuando la producción de plantas tiene lugar al aire libre, el cultivo de nuevos plantones exige unas condiciones similares al de árboles adultos, si bien los primeros son más sensibles a las condiciones extremas. Así, en lo referente al *clima*, los plantones son más sensibles al frío, de modo que las temperaturas por debajo de 0° C les afectan más. Del mismo modo, el viento puede perjudicarlos más, sobre todo dificultando el prendimiento de los injertos. Una humedad relativa baja también lo dificulta, pero si es muy elevada favorece el desarrollo de enfermedades criptogámicas y de algunas plagas.

Los *suelos* arcillosos no son los más idóneos para un vivero. En éstos, el desarrollo radicular no es adecuado, dando lugar, frecuentemente, a deformaciones de las raíces, y el arranque de plantas es dificultoso. Además, estos suelos retienen agua con facilidad y ello retarda su calentamiento en primavera, lo que retrasa, a su vez, el crecimiento de los plantones. Finalmente, su facilidad para encharcarse aumenta el riesgo de muerte por asfixia radicular y favorece el desarrollo de enfermedades criptogámicas; este último aspecto es muy peligroso, sobre todo en el semillero, al que pueden llegar a destruir. Los suelos arenosos, si bien más aconsejables que los arcillosos, no están exentos de dificultades. En ellos, es muy difícil formar cepellones sólidos y aunque ello facilita el arranque, reduce la calidad de la planta que no puede ser servida en condiciones adecuadas para el trasplante defini-

tivo. Por otra parte, su escasa retención de agua hace que se sequen con facilidad, lo que exige aumentar la frecuencia del riego para evitar que los plantones se vean hidricamente afectados. En consecuencia, los suelos francos, que combinan adecuadamente los elementos finos con los gruesos, son los más adecuados.

La fácil disponibilidad de *agua* es un factor esencial a la hora de decidir la instalación de un vivero. El acceso a ella, el caudal disponible y las reservas han de ser evaluadas previamente. Y junto con ello, debe tenerse en cuenta la calidad del agua que se utiliza. La presencia de sales es muy peligrosa tanto en el semillero (sobre todo), como durante el cultivo de plantones, antes de o recién injertados.

3.2. Manejo y organización de un vivero

En un vivero se precisa de la distribución geográfica y técnica de las tareas que se llevan a cabo. En este sentido, es necesario disponer de una organización material, para atender las diferentes fases de la producción de plantas, y de los recursos humanos, cualificados, que las dirijan y lleven a cabo.

Las exigencias de un vivero se inician con los *campos para la obtención de semillas* a partir de árboles de todos aquellos portainjertos que se quieran utilizar en la producción de plantones. Con estas semillas se establecen los *semilleros* para la obtención de plántulas dispuestas para ser injertadas. Cuando el desarrollo de éstas impide su normal cultivo en el semillero, son transplantadas a los *planteles*, donde serán injertadas de las variedades que se desea comercializar, manteniéndose allí su cultivo hasta su arranque y venta. En los casos de reproducción por estacas, es necesario disponer de campos donde ponerlas a enraizar (*campos de barbados*).

Los árboles madre de las diferentes variedades, de los que obtener varetas a partir de cuyas yemas injertar las nuevas plántulas, se cultivan en las *parcelas para la producción de yemas*.

El vivero se completa con las *oficinas y almacenes* donde guardar maquinaria, aperos, fertilizantes, plaguicidas, etc., y con la *infraestructura de riego*, es decir, balsa (si es necesario), bombas de impulsión, mecanismos de automatización, filtros, depósitos y mezclador de fertilizantes y red de tuberías.

Los ciclos de cultivo para la producción de plantas son relativamente cortos, aunque la duración depende de las especies y de la tecnología aplicada. Así, por ejemplo, en los agrios, cuando el vivero se sitúa al aire libre, la producción de plantas tiene una duración de 3-3,5 años, pero si se fuerza, tanto el semillero como la fase de injerto, puede acortarse hasta 1,5 años (Fig. 10.7). Si se combina el campo con el forzado, se pueden obtener plantas de calidad en 2-2,5 años. Sin embargo, otros factores, tan importantes como el tiempo de producción, pueden aconsejar uno u otro tipo de cultivo. Así, el forzado de plantones da lugar a plantas más tiernas y, por tanto, de calidad ligeramente inferior, por lo que deben recibir cuidados especiales en el campo hasta su adaptación definitiva al mismo. Por ello, en algu-



Figura 10.7. Fases de un vivero de agrios. Métodos de producción en campo, forzado en invernadero y mixto (campo + invernadero).

nos viveros, el cultivo en invernadero se entiende como un complemento de la producción de plántones en el campo y en ningún caso como un sustituto de éste.

En los frutales, la fase de vivero al aire libre con la utilización de patrones francos es de 2 años; cuando se utilizan patrones clonales, se precisa de un año para la obtención de barbados, lo que retrasa hasta 3 años la obtención de plantas dispuestas para el trasplante al terreno definitivo (Fig. 10. 8).

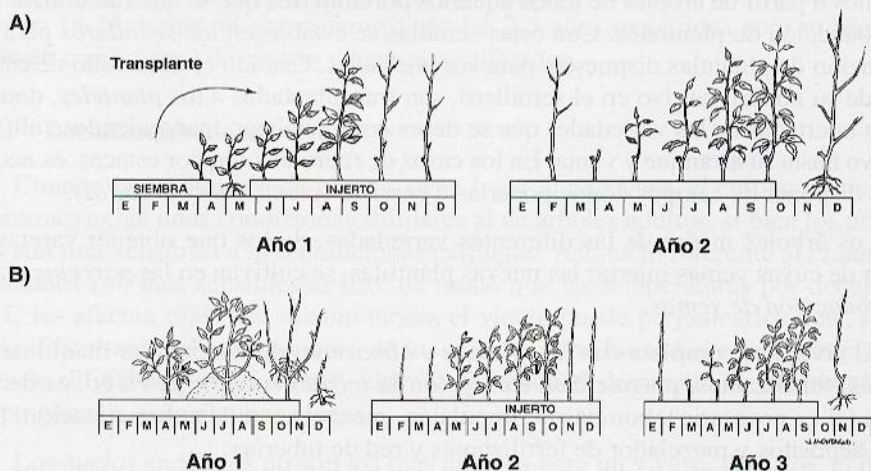


Figura 10.8. Ciclos de producción en vivero de plántones de melocotonero sobre franco (A) y de manzano sobre patrón clonal (B) (Basado en Baldini, 1992).

4. Mejora del material vegetal

4.1. Mejora genética

La obtención de variedades capaces de satisfacer las exigencias comerciales constituye un aspecto decisivo de la fruticultura. La importación de variedades de interés supone un modo de enriquecer y mejorar la oferta de producción, pero el

estudio de la mejora de las variedades autóctonas y el seguimiento de sus mutaciones, debe ser pieza básica de la mejora del material vegetal, ya que, en general, su adaptación al medio, en lo referente a producción y calidad, es mejor.

En un programa de mejora genética de variedades, deben considerarse caracteres de producción y de calidad. La producción: 1) debe iniciarse lo antes posible, 2) debe ser elevada, y 3) no debe ser alternante. En relación con la calidad, deben distinguirse: A) caracteres de calidad intrínseca del fruto, sobre todo: 1) precocidad, 2) tamaño, 3) resistencia al manipulado post-cosecha, y 4) características organolépticas; B) aspectos fisiológicos, en particular: 1) entrada en producción, 2) hábito de floración, 3) ausencia de alteraciones fisiológicas graves, y 4) buena conservación del fruto en el árbol y en la central hortofrutícola.

Los métodos de mejora genética, actualmente en uso, son la hibridación, la selección de mutaciones gemarias espontáneas, la inducción y selección de mutaciones en yemas y semillas, y la inducción y selección de mutaciones en cultivos celulares.

El proceso de *hibridación* se inicia con la emasculación de flores de árboles de una especie o variedad seleccionada, antes de que su propio polen haya llegado a la madurez. A continuación son encapuchadas para evitar su fecundación incontrolada. Cuando el polen de la otra especie o variedad, cuyos caracteres se quieren transmitir a la primera, ha madurado, se procede a la polinización dirigida de las flores emasculadas. De los frutos obtenidos se recogen sus semillas, y si éstas son poliembriónicas, se aísla su embrión zigótico para su cultivo *in vitro*. De la planta híbrida desarrollada se toman yemas que se injertan sobre un patrón vigoroso, y se cultiva la nueva planta hasta la desaparición, al menos parcial, de sus caracteres juveniles. Los híbridos así obtenidos son seleccionados, en función de los caracteres perseguidos, trasplantados (o injertadas sus yemas) a parcelas de referencia, y sometidos a los correspondientes ensayos de adaptación a diversas condiciones ambientales y de cultivo.

La *selección de mutaciones gemarias espontáneas* es un método de gran interés para la mejora de variedades. Los cítricos son especies con un elevado grado de mutación gemaria, hasta el punto de que la mayoría de las variedades cultivadas tienen este origen y, consecuentemente, la selección de las que se producen espontáneamente es el método de mejora genética más utilizado en citricultura. El proceso se inicia con la detección de la mutación e injerto de las yemas de la rama original de la que surgió. Las plantas así obtenidas se someten a un periodo de caracterización varietal, por un tiempo mínimo de 3 años. Una vez corroboradas las características por las que fue seleccionada, se procede a su mejora sanitaria, injertándose las yemas exentas de virus sobre patrones tolerantes, en parcelas de referencia. Los nuevos árboles son, finalmente, sometidos a los correspondientes ensayos de adaptación a diversas condiciones ambientales y de cultivo.

El *tratamiento de yemas o semillas con agentes mutagénicos*, físicos o químicos, da lugar a cambios en el genoma de las variedades tratadas. La obtención de

variedades a través de este método resulta, en la práctica, complicado. De hecho, son muy pocas las variedades que se han obtenido y se encuentran en cultivo. La formación de quimeras y mutaciones inestables es muy frecuente en este caso. Pero este método de mejora, al igual que la selección de mutaciones espontáneas, posee grandes ventajas. Así, se trata de un método muy rápido, ya que el material vegetal que se reproduce son yemas. Este hecho, además, garantiza la eliminación de caracteres juveniles. Y, por otra parte, la selección de las mutaciones permite mejorar aspectos concretos de una determinada variedad, sin prescindir de los caracteres generales de la misma.

Los avances recientes de la biotecnología pueden ayudar a resolver, parcial o totalmente, algunos de los problemas expuestos en relación con la mejora genética de los frutales. El *análisis de isoenzimas*, para la identificación de híbridos, la técnica de *restricción de longitud de fragmentos polimórficos* (RFLP), para conocer el mapa del genoma y localizar los genes con características específicas que puedan ser transferidos a una nueva planta (transgénica), la inducción y posterior selección de *mutaciones de células nucleares* cultivadas in vitro, que permite el manejo de gran cantidad de genotipos en espacios relativamente reducidos y evita, además, la aparición de quimeras, y la *fusión de protoplastos*, que permite el intercambio de material genético entre dos especies sexualmente incompatibles, son algunas de las técnicas utilizadas.

La fusión de protoplastos permite la obtención de híbridos triploides ($3n$), de modo que la gametogénesis resulta difícilmente viable y, por ello, la formación de semillas, lo que es de gran interés en algunas especies. Por otra parte, la producción de plantas transgénicas ofrece una vía alternativa válida para superar los problemas de incompatibilidad entre géneros, permitiendo la transferencia entre ellos de algunos caracteres deseables que con la tecnología clásica de hibridación resultaría inviable. La utilización de estas técnicas como método de mejora genética de los frutales requiere de más amplios estudios y se halla, todavía, lejos de su aplicación comercial.

4.2. Mejora sanitaria

Consiste en el establecimiento de técnicas y normas encaminadas a la obtención de plantas libres de enfermedades. En España, los cítricos, a través del Programa de Mejora Sanitaria, es el cultivo que más ha avanzado a este respecto. Dado que, con algunas variaciones, este Programa es homologable con cualquier otro que se quiera implantar en fruticultura, se resume, como ejemplo, a continuación.

Los objetivos que se persiguen con el Programa son: 1) obtención de plantas libres de virus de todas las variedades españolas, mediante un programa de saneamiento; 2) importación de variedades procedentes de otros países a través de un programa de cuarentena; 3) distribución de las plantas libres de virus a los agricul-

tores a través de un programa de certificación; y 4) establecimiento de un banco de germoplasma de agrios compuesto por plantas libres de virus. Para lograrlo, el Programa consta de las siguientes fases (Fig. 10.9):

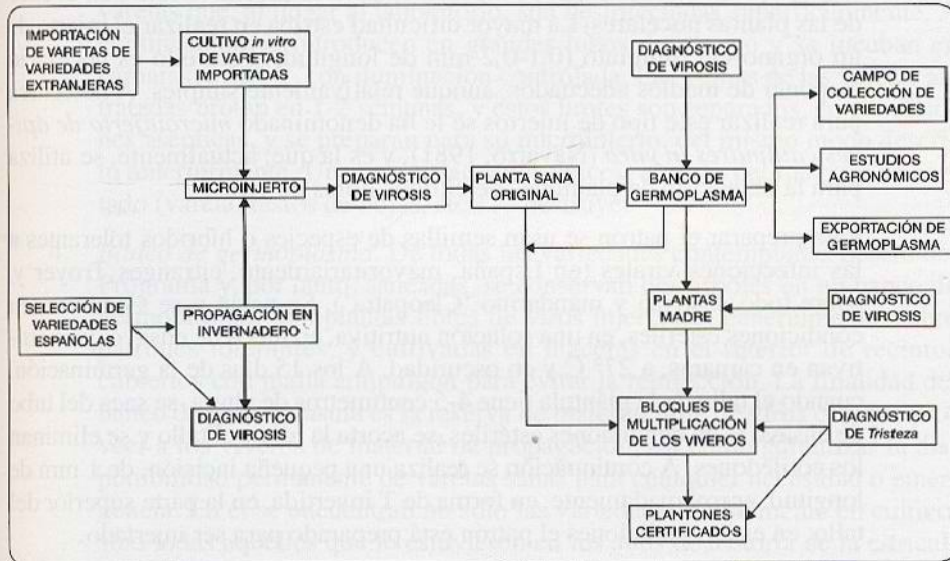


Figura 10.9. Esquema del Programa de Mejora Sanitaria de Variedades de Agrios de España (Fuente: Navarro, 1994).

1. *Selección de árboles madre.* Persigue la obtención de un material vegetal (yemas) a sanear que asegure una elevada producción de frutos de buena calidad. Se realiza siguiendo criterios exclusivamente agronómicos; por lo tanto, en esta fase no se tienen en cuenta los aspectos sanitarios de las plantas. Siempre que es posible se seleccionan como árboles madre, los árboles mutantes de las nuevas variedades, ya que son los que más fielmente las representan.
2. *Obtención del material vegetal libre de virus.* Como las yemas procedentes de árboles madre se hallan infectadas por diversas virosis, se recurre a técnicas que permitan, de un lado, eliminar el patógeno de los órganos vegetativos a propagar y, de otro, obtener combinaciones, tras su injerto, que no muestren los síntomas de estas enfermedades. La técnica utilizada es la del injerto de ápices caulinares. En éstos la diferenciación de los haces vasculares todavía no ha tenido lugar y, por tanto, la probabilidad de la presencia de virus en ellos es muy escasa. Estos órganos, aunque aparentemente son los más jóvenes de la planta, no presentan síntoma alguno de juvenilidad. En efecto, la manifestación de ésta se reduce con el tránsito del tronco a la

copa del árbol y, por tanto, los meristemos son, ontogénicamente, sus órganos más viejos. Su injerto a un patrón tolerante dará lugar a un árbol con las mismas características que la variedad de la que procede el meristemo, libre de virus y tolerante a cualquier infección que se produzca durante su vida, pero sin la desventaja de mostrar caracteres juveniles como en el caso de las plantas nucelares. La mayor dificultad estriba en realizar el injerto de un órgano tan diminuto (0,1-0,2 mm de longitud). Para ello es necesario disponer de medios adecuados, aunque relativamente simples. A la técnica para realizar este tipo de injertos se le ha denominado *microinjerto de ápices caulinares in vitro* (Navarro, 1981), y es la que, actualmente, se utiliza para la obtención de plantones de cítricos libres de virus.

Para preparar el patrón se usan semillas de especies o híbridos tolerantes a las infecciones virales (en España, mayoritariamente, citranges Troyer y, sobre todo, Carrizo y mandarino 'Cleopatra'). Se pelan y se siembran, en condiciones estériles, en una solución nutritiva, en tubos de ensayo, y se cultivan en cámaras, a 27° C y en oscuridad. A los 15 días de la germinación, cuando el tallo de la plántula tiene 4-5 centímetros de altura, se saca del tubo de ensayo y, en condiciones estériles, se acorta la raíz y el tallo y se eliminan los cotiledones. A continuación se realiza una pequeña incisión, de 1 mm de longitud, aproximadamente, en forma de T invertida, en la parte superior del tallo; en estas condiciones el patrón está preparado para ser injertado.

Para preparar la yema se cogen brotes de un árbol seleccionado de la variedad a sanear (árbol madre). Se eliminan las hojas de mayor tamaño y la parte terminal del brote se desinfecta superficialmente. A continuación, en condiciones estériles, se corta el ápice, con ayuda de un microscopio.

Este ápice se deposita en el interior de la incisión en forma de T invertida, realizada previamente sobre el tallo del patrón. A continuación, la planta injertada se cultiva en un nuevo tubo de ensayo, con un medio que contiene sales minerales, azúcar, vitaminas y agar como soporte. Estos tubos se colocan en una cámara de cultivo, con iluminación y temperatura controladas. A las 4-6 semanas los ápices injertados brotan, dando lugar a 3-4 hojas. En este momento la planta se trasplanta a una maceta y se prosigue su cultivo en un invernadero.

Aunque la técnica de microinjerto es eficaz para eliminar todas las virosis de los agrios, no lo hace en el 100% de los casos. Por ello es imprescindible realizar tests sistemáticos sobre las plantas microinjertadas, con el fin de garantizar la sanidad de las mismas. Sólo cuando éstos son negativos, sistemáticamente, se considera que las plantas microinjertadas están sanas y puede procederse a su estudio agronómico para caracterizar, definitivamente, la variedad en ausencia de patógenos virales. Una vez completado éste, las plantas están listas para su propagación y distribución a los viveros.

En los frutales no cítricos esta técnica presenta problemas de manejo, por lo que su utilización comercial todavía no es posible.

3. *Programa de cuarentena.* El programa de cuarentena asegura la importación de variedades sin riesgos sanitarios. El material que se importa son varetas que, al llegar al laboratorio, son desinfectadas superficialmente. A continuación se introducen en grandes tubos de ensayo y se incuban en cámaras, a 32° C, con iluminación controlada. Las yemas de las varetas así tratadas brotan en 1-2 semanas, y estos brotes son separados, en condiciones asépticas, y se preparan para su microinjerto, del mismo modo descrito anteriormente. Una vez aislados los ápices, el resto del material importado (vareta, restos de hojas, etc.) se destruye.
4. *Banco de germoplasma.* De todas las variedades contempladas dentro del Programa y, por tanto, saneadas, se conservan dos árboles en un banco de germoplasma. Son plantas libres de virus injertadas, generalmente, sobre patrones tolerantes, y cultivadas en macetas en el interior de recintos cubiertos con malla antipulgón para evitar la reinfección. La finalidad del banco de germoplasma es la reserva de material libre de virus con que proveer a los viveros de material de propagación, así como garantizar la disponibilidad permanente de varetas sanas para cualquier necesidad o emergencia. En él se encuentran no sólo las variedades actualmente en cultivo, sino todas aquellas que lo estuvieron en los años de historia de la citricultura española y algunas especies y/o variedades de interés en otras citriculturas y de interés botánico. Su valor científico, agronómico y comercial es, como se puede deducir, incalculable.
5. *Distribución del material saneado.* Las plantas libres de virus, procedentes del Programa, están a disposición de los viveros autorizados de agrios, que realizan su propagación para producir plantones de acuerdo con las normas del reglamento de certificación.

5. Referencias bibliográficas

- Baldini, E. 1992. *Arboricultura general*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Felipe, A.J. 1989. *Patrones para frutales de pepita y hueso*. Ed. Técnicas Europeas, S.A., Cornellá de L., Barcelona.
- Forner, J.B. 1979. *Los patrones de agrios en España*. Comun. INIA, Ser. Prod. Veg., n.º 24, MAPA, Madrid, España.
- Mataix, E. y Villarrubia, D. 1999. *Poda de frutales*. Vol. I. *La poda del ciruelo*. Generalitat Valenciana. Ser. Divulgació Técnica, n.º 45, 103 pág.
- Navarro, L. 1981. «Citrus shoot-tip grafting in vitro (STG) and its application: a review». *Proc. Int. Soc. Citriculture*, 1:452-456.
- Navarro, L. 1994. *Programa de mejora sanitaria de variedades de agrios*. I Cong. Citricultura La Plana, pp. 159-177.

CAPITULO 11

TECNICAS DE CULTIVO

1. Plantación

En una plantación, la selección del diseño, la densidad y la distribución del arbolado, influyen de modo decisivo sobre la cuantía y calidad de la cosecha (ver Capítulo 4), así como sobre la eficacia de las prácticas de cultivo y, por tanto, sobre su rentabilidad. El objetivo a la hora de diseñar la plantación es, por una parte, que los árboles puedan capturar la mayor cantidad posible de luz y, por otra, facilitar el movimiento de la maquinaria por su interior.

El **marco de plantación** (Fig. 11.1), o disposición de las plantas en el terreno, depende de las condiciones del medio y de la propia explotación. En éstos deben definirse las distancias entre líneas de árboles o masas de árboles (calles) y entre árboles dentro de las líneas. El *marco real* y *marco rectangular*, en los que cada árbol ocupa el vértice de un cuadrado o un rectángulo, respectivamente, son los sistemas más utilizados, ya que facilitan el *replante* y el paso de maquinaria. La plantación a *cinco de oros*, idéntica al marco real pero en la que un quinto árbol ocupa el centro del cuadrado, es recomendable para el *doblado* de árboles, aunque dificulta el paso de maquinaria. En la disposición al *tresbolillo*, los árboles ocupan los vértices de triángulos equiláteros adosados, cuya altura constituye la anchura de la calle y la base la distancia entre árboles. Las *líneas pareadas* están constituidas por líneas dobles de árboles en las que éstos están plantados al tresbolillo y las calles situadas entre cada par de líneas. La plantación *en bloque* está constituida por varias líneas de árboles plantados al tresbolillo, formando masas separadas por calles; este marco presenta problemas para el entresaque, mecanización, etc. Finalmente, en orografías irregulares los árboles se sitúan siguiendo las *curvas de nivel* (Foto 11.1).

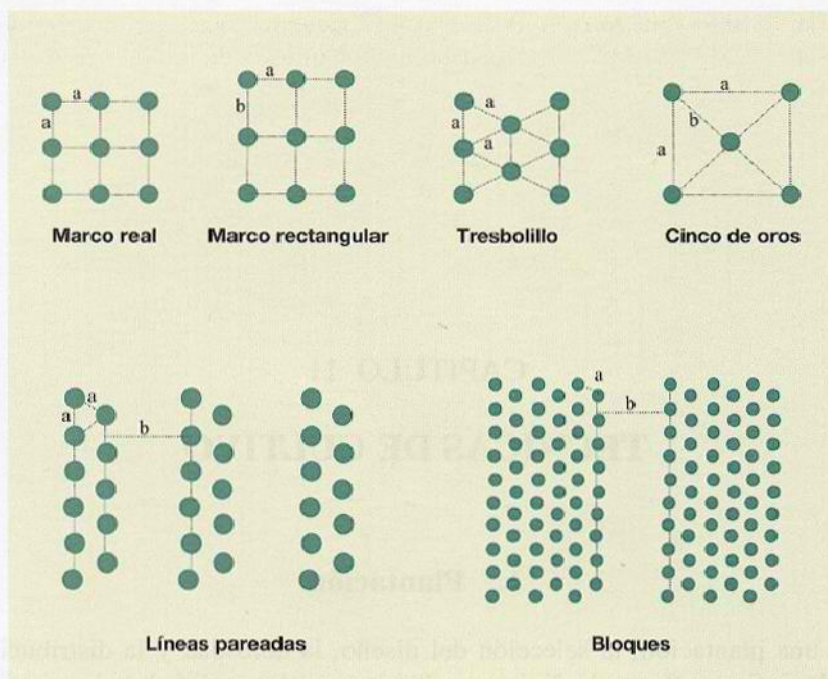


Figura 11.1. Marcos de plantación de frutales (*Adaptado de Gil-Albert, 1992*).



Foto 11.1. Plantación de cítricos siguiendo las curvas de nivel.

El marco de plantación determina la superficie que ocupa cada árbol y a partir de ésta se calcula el número de árboles por unidad de superficie o *densidad de plantación*. Su establecimiento constituye uno de los aspectos claves del diseño de una explotación frutícola. En efecto, un número reducido de árboles, respecto de la superficie disponible, asegura un buen desarrollo de los mismos, pero implica un desaprovechamiento de la superficie de cultivo, con la consiguiente reducción de la cosecha potencial; por el contrario, si la densidad de plantación es muy alta, las dificultades en el manejo del cultivo y la competencia que se establece entre árboles incrementan los costes y reducen la cosecha, respectivamente.

La densidad de plantación, en fruticultura, depende de la especie en cultivo y de las condiciones ambientales. Así, un mismo número de árboles por unidad de superficie puede representar una densidad de plantación baja si se trata de frutales de porte reducido, como la vid, o alta si se trata de especies arbóreas de porte medio, como frutales de hueso, de pepita, cítricos, etc. Sin embargo, de modo genérico se establece:

- Baja densidad: < 150 árboles ha^{-1} .
- Densidad media: 150-800 árboles ha^{-1} .
- Plantaciones densas: 800-2.500 árboles ha^{-1} .
- Alta densidad: > 2.500 árboles ha^{-1} .

Otro aspecto de interés en el diseño de la plantación es la localización del arbolado en el terreno, lo que se denomina **sistematización**. Con la introducción del riego localizado, el abancalamiento de laderas se ha abandonado, dado su elevado coste, y ha sido sustituido por la plantación siguiendo las curvas de nivel (Foto 11.1). Pero en este caso, es necesario disponer el arbolado de la forma más adecuada para evitar los daños por erosión y asfixia. Ello se puede lograr con tres tipos de sistematización (Fig. 11.2): a) *Caballones*: Se hace un caballón inmediatamente por encima de la fila de árboles, paralelo a ella, de unos 40 cm de altura y en dirección perpendicular a la pendiente. b) *Mesetas*: siguiendo el marco de plantación diseñado se hacen unas mesetas de sección trapezoidal de 80-90 cm de base, 50-60 cm de plataforma superior y de 30-40 cm de altura, sobre las que se plantan los árboles; es necesario, en todo caso, asegurar la consistencia de la meseta para evitar desmoronamientos. Si se pretende situar árboles en filas pareadas, dentro de una misma meseta, la anchura de las mesetas debe alcanzar, al menos, los 2-2,5 m. Este sistema permite el doblaje o la realización de plantaciones de alta densidad. c) *Terrazas invertidas*: es muy similar al sistema de terrazas por curvas de nivel, pero dando una inclinación del 2% en sentido opuesto al natural para obligar a las aguas de escorrentía a morir en el talud de la terraza anterior.

Una vez diseñada y proyectada la plantación, se procede a la preparación del terreno antes de plantar los árboles. Para ello, se procede a:

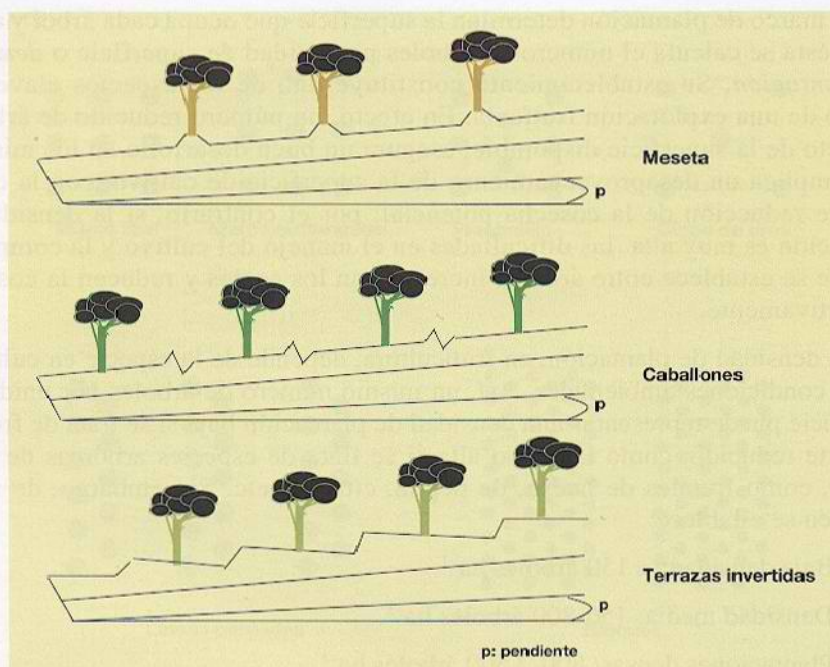


Figura 11.2. Sistematizaciones en la plantación de frutales (Fuente: Trenor *et al.*, 1996. Diseño actual de explotaciones cítricas, CV Agraria, 6: 3-12).

1. Remover, mullir, igualar y alisar el suelo para airearlo, aumentar su capacidad de retención de agua y facilitar las labores siguientes.
2. Eliminar piedras y cuantos restos de flora espontánea y otros cultivos puedan permanecer.
3. Incorporar en profundidad enmiendas y abonos.

Las labores propias al respecto incluyen, según el caso:

- Preparación manual: — Cava manual
— Hoyos
- Preparación mecánica: Integral: — Desfonde
— Subsulado
Localizada: — Fajas
— Surcos
— Hoyos
- Otras técnicas: Explosivos

La *cava* persigue mullir y airear el suelo de toda el área a plantar (cava manual) o sólo de los puntos en los que se van a situar los árboles (hoyos), en una profundidad de 40-60 cm. El *desfonde* consiste en voltear una capa de suelo de 50-80 cm, en tempero, empleando un arado de vertedera, con el fin de enterrar restos vegetales, abonos y enmiendas por toda la superficie de la plantación y retrasar la aparición del apelmazamiento del suelo hasta después de que los nuevos árboles hayan iniciado su enraizamiento en el terreno definitivo. Alternativamente, cuando el perfil del suelo en profundidad no es uniforme, puede realizarse un *subsulado*, que agrieta y remueve el terreno, mediante el empleo de ganchos o púas (subsoladores) arrastrados por un tractor a profundidades variables (similares al desfonde). El terreno, en este caso, queda agrietado, sin voltear e irregular, por lo que se hacen necesarias labores superficiales que permitan abonar, enterrar enmiendas, etc. Para plantaciones grandes o densidades de plantación elevadas, resulta más barato preparar el terreno por *fajas*, más o menos anchas, a lo largo de las líneas en las que se van a plantar los árboles, o por simples *surcos*, efectuados con un arado de vertedera o un subsolador, o tan sólo por la ejecución de *hoyos* localizados en el lugar exacto donde se va a situar el árbol. Cuando la presencia de rocas o grandes obstáculos impiden una preparación mecánica, se procede a efectuar pequeños sondeos de 1-1,5 m de profundidad, en los que se sitúan pequeñas cargas explosivas que agrieten, rompen y remueven el suelo; posteriormente se retiran las piedras antes de efectuar la plantación. Esta técnica es relativamente frecuente cuando se establecen campos en zonas marginales de cítricos, en la Comunidad Valenciana, y de plátanos, en Canarias.

Tras el desfonde o subsulado y si se han utilizado explosivos, el terreno queda aterronado, asurcado e irregular, haciéndose necesarias algunas labores complementarias para eliminar obstáculos, allanarlo y alisarlo, y facilitar la ejecución de las labores posteriores. Estas se llevan a cabo, generalmente, con gradas de discos, cultivadores, gradas de púas o fresadoras.

Superada esta fase, se procede a la realización de enmiendas y abonados de fondo. El elevado coste de estas labores ha puesto en cuestión su conveniencia, pero la mejora que sufren los árboles en los primeros años de plantación, lo compensa. Por otra parte, el reparto, enterrado y homogeneidad en la distribución de los nutrientes que se logra en este momento es muy adecuado y resulta irreplicable una vez plantados los árboles. Estas aportaciones nutricionales persiguen los siguientes objetivos:

1. Corregir deficiencias endémicas del suelo.
2. Asegurar el desarrollo inicial de los árboles.
3. Crear una reserva en elementos minerales que garantice la nutrición durante los primeros años.

Las **enmiendas orgánicas** son frecuentes cuando se diseñan plantaciones frutales. Los suelos españoles suelen ser pobres en materia orgánica, con niveles del

orden del 1% en secano, por término medio, y no superiores al 1,5% en regadío. Con ello, las recomendaciones aconsejan aumentar en, al menos, un 1% el nivel de materia orgánica de los suelos que vayan a ser plantados de frutales. Para ello, estercoladuras de vacuno entre 30 y 60 t/ha son normales, alcanzándose hasta las 100 t/ha en los mejores campos de regadío y superándose rara vez las 30 t/ha en secano. Las **enmiendas calizas** son imprescindibles en los suelos ácidos, con pH por debajo de 6. Se emplea la piedra caliza triturada (carbonato cálcico), la dolomita (mezcla natural de carbonatos de Ca y Mg) y la cal viva (óxido de Ca) o apagada (hidróxido de calcio) o mezclas de estos compuestos. Se aconseja no elevar más de 1 punto el pH del suelo, para lo que bastan aportaciones de 1,5 a 4 t/ha de estos compuestos, según el contenido en CaO del suelo.

Uno o dos meses antes de plantar debe efectuarse el **abonado de fondo** a base de P y K, pero nunca de N que las lluvias puede arrastrar en profundidad antes de que el árbol lo absorba. El aporte de P se lleva a cabo, normalmente, con superfosfato de cal (normal, enriquecido o triple, con una riqueza en P_2O_5 del 16-18%, 25% y 36%, respectivamente) o escorias Thomas (con una riqueza en P_2O_5 del 18-20%). En el caso de la fertilización potásica se utiliza mayoritariamente el sulfato potásico (48% de K_2O).

Una vez decidido el diseño, se procede a la **plantación** de los árboles. Estos proceden de los viveros con un cierto volumen de tierra adherida a las raíces o sin tierra, lo que recibe el nombre de *cepellón* o *raíz desnuda*, respectivamente. En el primer caso el conjunto radicular viene en maceta de cerámica o de celulosa con turba, en un contenedor de polietileno negro, también con turba, o envuelta en tela de saco, húmeda, con tierra. En el segundo caso se trata de una planta entera con las raíces al descubierto o de barbados de un año de edad y de 20-40 cm de altura con raíces poco desarrolladas.

En el campo se alinean las filas en el sentido del riego, si es el caso, y distribuyendo sobre ellas los árboles, de acuerdo con el marco decidido. Una vez en el campo, los árboles deben plantarse lo antes posible, sobre todo si se trata de plantaciones a *raíz desnuda*, ya que si se dejan sin ningún tipo de protección se pueden secar sus raíces y dificultar su adaptación; periodos tan cortos como 1,5 h son suficientes para reducir significativamente su supervivencia. Para ello, y si se trata de plantas con cepellón, se abre un hoyo de, aproximadamente, 40-50 cm, se vierte en él una pequeña cantidad de turba, se añaden unos 100 g de un abono complejo, se mezcla con ella, se eliminan las raíces que sobresalgan del cepellón, se pone el plantón, se tapan las raíces con el suelo del propio hoyo y se riega. En el caso de riego de superficie, el aporte de agua debe mantenerse a razón de unos 20-25 l/árbol/semana, individualmente a cada uno de ellos, durante unos 30-50 días. Transcurrido este tiempo, se efectúa el primer riego de la parcela. En el caso de riego localizado, se sitúa un gotero a unos 25 cm del plantón y se programa para realizar 3-4 riegos/semana con un aporte total de 125 l/plantón. A partir de los 4 meses, se va separando el gotero, progresivamente, y a partir del primer año, se va aumentando el número de los mismos, hasta dejar 3-4 goteros/árbol situados a su

distancia definitiva (1,25-150 m). Si se trata de plantas a raíz desnuda, se recortan las raíces para eliminar las dañadas y las que estén en malas condiciones se sumergen en una papilla semifluida de agua y tierra (*embadurnado*) para hidratarlas y facilitar su contacto con el nuevo suelo y se sitúan en los hoyos, siguiendo el mismo proceso que en el caso de las plantas con cepellón. En ocasiones se añade a la papilla un poco de estiércol y alguna sustancia anticriptogámica para facilitar el desarrollo y evitar enfermedades, respectivamente. Finalmente, en el caso de barbados, éstos se plantan directamente al suelo, con la ayuda de un azadón y sin necesidad de abrir hoyos.

En todos los casos, la profundidad a la que debe quedar el sistema radicular constituye un aspecto clave. No debe ser demasiado superficial, ya que el frío podría dañarlo, ni tampoco demasiado profundo, porque podrían aparecer problemas de asfixia y si el punto de injerto queda enterrado puede emitir raíces por encima de aquél (*franqueamiento*).

Cuando la plantación se efectúa con plántones a raíz desnuda, debe realizarse en época de reposo vegetativo, anticipándose lo máximo posible, ya que aunque la parte aérea esté en reposo hasta la primavera, la raíz presenta actividad. De este modo se puede tener la planta arraigada cuando se inicia la brotación. Las plantaciones realizadas a finales del otoño aventajan notablemente a las efectuadas a finales de invierno. En el caso de utilizar plántones con cepellón, la plantación puede efectuarse en cualquier época del año. Finalmente, deben evitarse daños por heladas, deshidrataciones por calor o viento, brotaciones precoces y daños mecánicos que pueden acarrear enfermedades fúngicas.

La pérdida de árboles por enfermedad u otras causas y la necesidad de renovar la plantación por razones de edad, estado fitosanitario, etc., obliga a reemplazar o **replantar** la explotación con nuevos árboles. En estos casos, surge un problema general a todas las plantaciones, conocido con el nombre de *fatiga del suelo*, y que consiste en la falta de desarrollo normal de las nuevas plantas; éstas retrasan su desarrollo inicial y su entrada en producción. La presencia en el suelo de nematodos, hongos, bacterias, toxinas, etc., se ha relacionado con este fenómeno. La aplicación de cloropicrina, bromuro de metilo, DD, metamsodio, etc., resuelve generalmente el problema, pero la prohibición de algunos de ellos, en un futuro más o menos inmediato, puede complicar la situación.

Gil-Albert (1992) y Coque y Díaz (1996) han revisado todos estos conceptos.

2. Mantenimiento del suelo

Se entiende por técnicas de mantenimiento del suelo, el conjunto de operaciones que se realizan a lo largo del año en una plantación frutal con el fin de:

- a) Controlar la vegetación espontánea.
- b) Evitar la formación de costras superficiales o grietas en el terreno.

- c) Mejorar la capacidad de retención del suelo y su permeabilidad.
- d) Mantener y mejorar el contenido en materia orgánica del suelo y su fertilidad.
- e) Facilitar la incorporación de elementos minerales y su absorción.
- f) Facilitar el movimiento por las parcelas y el acceso de maquinaria.
- g) Facilitar el riego.
- h) Evitar escorrentías y erosión.

El conjunto de todas estas técnicas y sus combinaciones da lugar a los diferentes programas de mantenimiento del suelo en las plantaciones frutales (Tabla 11.1).

TABLA 11.1

Programas de mantenimiento del suelo en plantaciones frutales. Técnicas

Suelo desnudo sin vegetación:	Mediante labores de cultivo: <i>Laboreo</i>
	Sin labores: Aplicación de herbicidas: <i>No laboreo</i>
	<i>Mulching</i> : Orgánico
	Inerte. Discontinuo
	Cubiertas plásticas
Suelo cubierto de vegetación.	<i>Cubiertas vegetales</i> : <i>Permanentes</i> : Naturales
	Artificiales
	<i>Temporales</i>
<i>Técnicas mixtas</i> . Simultáneas:	Laboreo/herbicidas
	Laboreo/mulching
	Cubierta permanente/herbicidas
	Cubierta permanente/mulching
	Cubierta permanente/cava manual o mecánica
Alternantes:	Combinaciones laboreo/herbicidas
	Laboreo/cubiertas de plástico negro
	Combinaciones laboreo/cubiertas temporales

Fuente: Gil-Albert, 1995.

El **laboreo** consiste en remover las capas más superficiales de suelo (25-40 cm). Esta práctica cultural no le supone al árbol ninguna ventaja directa, aunque la mejora en la eficiencia de la fertilización y, sobre todo, del riego, cuando éste es de superficie, incide positivamente sobre el cultivo (Tabla 11.2). Aún así, su ejecución no se justifica, dados los elevados costes que supone.

El cultivo sin práctica de laboreo se denomina **no laboreo**, aunque en algunos casos también se define (erróneamente, como es evidente) *no cultivo*. El no laboreo posee diferentes variantes. Así, puede optarse por el suelo desnudo durante todo el año, con aplicaciones herbicidas que impidan el desarrollo de malas hierbas en verano y en invierno, por el mantenimiento de una cubierta vegetal durante el otoño y el invierno y un control de las malas hierbas de verano, con tratamientos

herbicidas a mediados de primavera y principios de verano, o por sistemas mixtos entre éstos. En los casos en los que se decida mantener una cubierta vegetal, deben tenerse en cuenta las necesidades de agua y fertilizantes que ésta requiere y completar, de este modo, las previstas para el cultivo frutal.

TABLA 11.2
Ventajas e inconvenientes del laboreo

Ventajas	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"> • Buen control de la vegetación espontánea • No precisa de inversiones previas • Facilita la incorporación de abonos • Disminuye la evaporación • Aumenta la resistencia a la sequía • Favorece el enraizamiento profundo • Compatible con todos los sistemas de riego 	<ul style="list-style-type: none"> • Destruye las raíces superficiales • Incrementa las pérdidas de humus • Favorece la formación de suela de labor • Acelera la degradación de la estructura • Puede aumentar los daños por erosión • Origina lesiones en los troncos (heridas) • Alto consumo energético • Incrementa el riesgo de heladas • Difícil limpieza de los ruedos del tronco • Difícil limpieza de líneas de espaldera

Fuente: Gil-Albert, 1995.

Al igual que el laboreo, el no laboreo presenta una serie de ventajas e inconvenientes (Tabla 11.3).

TABLA 11.3
Ventajas e inconvenientes del no laboreo

Ventajas	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"> • Económicas: reducción de mano de obra • Conservación de la estructura del suelo • Distribución superficial de raíces • Mayor eficacia en el intercambio de calor • Condiciones dificultosas de germinación • Posibilidades de mecanización • Mejores accesos • Aumento de producción 	<ul style="list-style-type: none"> • Riesgos de una mala aplicación de herbicidas. • Riesgos de una selección inadecuada de herbicidas • Modificación de la flora espontánea • Resistencia de especies a los herbicidas utilizados • Compactación del suelo • Reducción de la capacidad de infiltración • Alteración de las necesidades de agua • Modificación de la frecuencia de riego

Fuente: Gómez de Barreda, 1994.

En algunos casos los herbicidas se aplican junto con el agua de riego; a esta operación se le denomina **herbigación**. La edad del árbol es un factor muy importante para una herbigación correcta, ya que cuanto más joven es éste mayor es la probabilidad de fitotoxicidad por los herbicidas.

En la herbigación por inundación deben aplicarse herbicidas de acción residual y con poca movilidad en el suelo, ya que las cantidades tan elevadas de agua que se

aplican podrían facilitar su pérdida. En el caso de la herbigación localizada debe tenerse en cuenta que el riego sólo alcanza una superficie relativamente reducida alrededor del árbol; la escarda en el resto del campo, que no se riega, deberá llevarse a cabo mediante labores del suelo o tratamientos herbicidas, según las exigencias. Asimismo, en este tipo de herbigación se ha de asegurar el reparto del herbicida por todo el bulbo de humedad, por lo que deben elegirse herbicidas que aseguren una cierta movilidad.

Las ventajas de la herbigación, frente a la aplicación tradicional de herbicidas, radican en la rapidez de actuación, la posibilidad de mezclar herbicidas con diferentes características para mejorar su acción, la reducción de costes y la independencia del viento. Sus mayores inconvenientes son la exigencia de una gran uniformidad del riego y un mayor peligro de fitotoxicidad.

A la técnica que elimina la vegetación espontánea ahogándola y sofocándola mediante la extensión de una capa de un material suficientemente espeso para que aquella no pueda atravesarlo, se le denomina **mulching**. Si el material que se emplea es orgánico (paja, cáscara de arroz, heno viejo, serrín,...) recibe el nombre de *mulching orgánico*, y si no lo es, *mulching inerte*. Esta técnica es muy poco usada en la fruticultura española, salvo como parte de métodos mixtos de mantenimiento del suelo. Las ventajas e inconvenientes del *mulching* se resumen en la tabla 11.4.

TABLA 11.4
Ventajas e inconvenientes del *mulching*

Ventajas	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"> • Buen control de la vegetación espontánea • Desarrollo radicular superficial • Menor riesgo de heladas primaverales • Reducción de la evaporación de agua • Aumento de materia orgánica (<i>m. orgánico</i>) • Buena adaptación al riego localizado • Bajo coste de mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de la resistencia a la sequía • Imposibilidad para enterrar abonos • Retención de agua por los materiales orgánicos • Aumento del riesgo de asfixia radicular • Riesgo de incendio • Riesgo de proliferación de roedores • Alto coste de establecimiento • Incompatible con el riego por inundación • Difícil de sustituir por otro sistema

Fuente: Gil-Albert, 1995.

El mantenimiento del suelo con **cubiertas vegetales** consiste en que el suelo esté cubierto de vegetación. Según su duración se clasifican en *temporales* y *permanentes*, y en ambos casos la cubierta puede proceder del desarrollo de la vegetación *natural* o de la *siembra* de especies determinadas. Las temporales forman parte, siempre, de un sistema mixto y son, por tanto, las permanentes las cubiertas vegetales por excelencia. Las ventajas e inconvenientes de este sistema se resumen en la tabla 11.5.

TABLA 11.5

Ventajas e inconvenientes de las cubiertas vegetales permanentes

Ventajas	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"> • Mejora de la estructura del suelo • Mejora de la riqueza en humus del suelo • Mejora en la absorción de nutrientes • Mejora de la actividad biológica del suelo • Reducción de los riesgos de erosión • Mejora del enraizamiento superficial • Bajo coste de mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Elevada competencia por agua • Altos requerimientos hídricos • Elevada competencia nutricional • Incompatible con riegos de superficie y localizado • Aumento del riesgo de heladas primaverales • Riesgo de proliferación de roedores • Alto coste de establecimiento

Fuente: Gil-Albert, 1995.

Cuando la explotación posea cubierta vegetal es necesario tener en cuenta la competencia que ello supone para las plantas en cultivo, compensándola con el aporte de agua y elementos minerales en las cantidades necesarias. La falta de disponibilidad de agua en muchas zonas frutícolas restringe seriamente la implantación de esta técnica.

La combinación de las técnicas señaladas recibe el nombre de **técnicas mixtas**. Con ello se compensan, en muchos casos, los inconvenientes individuales de aquellas, de modo que cuando se utilizan adecuadamente dan lugar a mejoras notables en el mantenimiento del suelo. Las más utilizadas son las que combinan el laboreo con la aplicación de herbicidas o con cubiertas temporales. En el primer caso, la flora de invierno se controla con labores durante el otoño y el invierno, y la de verano mediante la aplicación de herbicidas, o al revés, se controla la flora de verano mediante labores en primavera y verano y se aplican herbicidas en otoño e invierno. En el segundo caso, las labores se llevan a cabo en verano y se efectúa una siembra a principios de otoño que se entierra, una vez desarrollada, a finales de invierno o principios de primavera, pero en todo caso unos 25-30 días antes del inicio de la brotación.

Finalmente, en ocasiones es necesario llevar a cabo **operaciones complementarias** de mantenimiento con el fin de resolver problemas concretos. Entre éstas cabe señalar: *a) la cava de pies*, a mano, alrededor de éstos, o la *cava de fajas* más o menos anchas a lo largo de las líneas de árboles; *b) la corta de pollizos o sierpes* para facilitar el cultivo, que se efectúa, también manualmente, en otoño y se puede hacer coincidir con la cava de pies; *c) aporcado y desaporcado*, consistente en amontonar tierra mullida alrededor del pie del árbol, para protegerlo del frío invernal, y en retirarla al finalizar la época de heladas; *d) descalzado*, por el que se pone el cuello del árbol y parte del sistema radicular al descubierto con el fin de airearlo y dificultar la progresión de enfermedades fúngicas; y *e) desbarbado*, que consiste en descubrir y eliminar las raíces emitidas por encima del injerto en las plantas jóvenes; esta operación es muy frecuente en la vid.

3. El riego

Bajo un punto de vista agronómico, el manejo adecuado del agua consiste en restablecer sus pérdidas provocadas por la transpiración del vegetal, la evaporación y la percolación por el suelo hasta capas inaccesibles al árbol. Cuando las condiciones ambientales provocan una absorción y transporte de agua en la planta insuficientes y ello no es remediado con un aporte externo, la planta entra en estrés.

El objetivo del riego, por tanto, consiste en proveer de suficiente humedad al suelo para compensar las pérdidas de agua que por transpiración se producen a lo largo del día; y en última instancia, minimizar los efectos negativos que sobre el desarrollo del árbol, su cosecha y calidad del fruto provoca un déficit hídrico.

El riego reduce la caída fisiológica de frutos y mejora su tamaño final, reduce el contenido en sólidos solubles totales y la acidez libre, y en condiciones áridas, su adecuado manejo puede promover la floración y el cuajado.

El modo de llevar a cabo el riego depende de diversos factores. Entre ellos, el tipo de parcela (suelo, orografía, dimensiones,...), disponibilidad del agua, coste de la transformación, etc. En la práctica son tres los sistemas de riego que se emplean en fruticultura: por gravedad, por aspersión y localizado.

El **riego por gravedad** consiste en repartir el agua a lo largo del campo de modo que fluya por sí misma. Ello exige, por un lado, su conducción y, por otro, la nivelación previa de la parcela. La principal ventaja de este tipo de riego es su simplicidad. Sus principales inconvenientes: 1) la imposibilidad de llevarlo a cabo correctamente en suelos muy permeables (arenosos) o en parcelas de relieve irregular; 2) la necesidad de realizar labores preparatorias, que exigen mano de obra experta; 3) su mala adaptación a grandes superficies; 4) importantes pérdidas de agua; y 5) las cantidades de agua aportadas son, generalmente, empíricas.

El **riego por aspersión** en fruticultura no se halla muy extendido. La *aspersión baja* se encuentra en algunas plantaciones de frutales de hueso y de cítricos. Este tipo de aspersión distribuye el agua por debajo de las copas de los árboles. Su instalación es móvil, con aspersores situados directamente sobre tuberías secundarias, o sobre trípodes localizados en éstas, que son alimentadas por una tubería principal. Las ventajas de la aspersión baja son: 1) un reparto más homogéneo del agua, 2) un mejor control de las dosis de agua aportadas, 3) pocas pérdidas por evaporación y percolación, 4) la posibilidad de llevar a cabo un riego con bajos caudales (3-4 mm/h) en suelos pesados y poco permeables, y 5) la posibilidad de regar sin exigencias de nivelación de la parcela. Como inconvenientes mayores aparecen: 1) la necesidad de agua a presión, 2) los elevados costes de las instalaciones fijas: estación de bombeo y ramales principales, y 3) los gastos de mano de obra en desplazamientos del sistema por la parcela.

El **riego localizado** proporciona el agua directamente a las raíces del vegetal. Ello puede lograrse de tres maneras: 1) mediante *exudación*, a través de unas cintas

de material poroso o tuberías perforadas, situadas en superficie o enterradas, por las que circula el agua a baja presión y van liberando humedad; en este caso el riego es continuo, se coloca una cinta por fila de árboles y el caudal se mide por m lineal; 2) por *microaspersión*, a través de difusores o microaspersores, situados a escasa altura y que distribuyen el agua circular o sectorialmente; y 3) por *goteo*, haciendo llegar el agua a los emisores situados alrededor del pie del árbol, a través de tuberías de PE, o PVC, normalizadas. Este último es el riego localizado de mayor difusión en España. Sus ventajas, frente al riego por gravedad, son numerosas: 1) mejor aprovechamiento del agua; 2) no precisa de nivelaciones previas del terreno, salvo cuando éste sea muy abrupto; 3) permite la mecanización de labores; 4) permite manejar a voluntad la frecuencia de los riegos y su intensidad, según el tipo de suelo; 5) permite la utilización de aguas con mayor contenido salino; y 6) permite la incorporación de fertilizantes junto con el agua (**fertirrigación**). Entre sus inconvenientes se citan: 1) el elevado coste de instalación; 2) su mantenimiento, a veces dificultoso; y 3) reducción del volumen de suelo a explorar por las raíces.

La distribución del riego a lo largo del ciclo vegetativo no está, todavía, aclarada del todo. Bajo un punto de vista conceptual, debe estar basada, como ya se ha dicho, en restablecer las pérdidas diarias de agua por evapotranspiración (ET), escorrentía y percolación. El cálculo de las necesidades temporales de agua puede estudiarse a partir de la humedad del suelo, medida con la ayuda de tensiómetros o instrumentos similares. El objetivo es restituir las pérdidas de agua a lo largo de un periodo de tiempo determinado. También existen muchos métodos de cálculo de necesidades temporales de agua basados en la estima o medida de la ET de una parcela. La ET es función de la radiación solar, la temperatura, la velocidad del viento y la HR, lo que complica su cálculo, que debe llevarse a cabo para cada área de cultivo. Para el cálculo de estas necesidades, la FAO recomienda la utilización de coeficientes específicos para cada cultivo (K_c) (Tabla 11.6).

TABLA 11.6
Coeficientes de cultivo (K_c) de diferentes especies frutales

Enero	Febre.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
<i>Manzanos, Cerezos, Nogal¹</i>											
		0,60	0,70	0,80	0,85	0,85	0,80	0,80	0,75	0,65	
<i>Melocotoneros, Albaricoqueros, Perales, Ciruelos, Almendros¹</i>											
		0,55	0,70	0,75	0,80	0,80	0,70	0,70	0,65	0,55	
<i>Naranjos²</i>											
0,66	0,65	0,66	0,60	0,60	0,62	0,68	0,79	0,74	0,83	0,70	0,60
<i>Mandarinos²</i>											
0,38	0,36	0,26	0,20	0,20	0,27	0,25	0,30	0,43	0,51	0,50	0,39

Fuente: ¹ FAO (1977) y ² Castel et al. (1987).

4. La fertilización

En fruticultura, el aporte de nutrientes se lleva a cabo utilizando diversos métodos. Entre ellos, los más frecuentes son:

- Al suelo. Superficiales. A manta
 - En bandas
 - En surco
 - Con el agua de riego
- Enterrados. Por inyección
- Al árbol. Aplicación foliar

La elección de uno u otro depende de factores económicos, de su eficiencia en la absorción por parte de la planta, el tipo de fertilizante, la época del año, etc.

El reparto manual sobre la superficie del suelo, o abonado *a manta*, es el sistema más utilizado en el minifundio, que impide la mecanización de muchos labores. La utilización de *pulverizaciones foliares* es, asimismo, ampliamente utilizada para resolver problemas nutricionales puntuales o para aprovechar los tratamientos que se efectúan para el control de plagas o enfermedades y para la aplicación de fitoreguladores. En los últimos años, con la introducción cada vez más extendida del riego localizado, la fertirrigación ha cobrado gran importancia.

Como norma general, los fertilizantes de reparto superficial son cristalinos, granulados o en polvo; los que se aplican en fertirrigación son de alta solubilidad o líquidos, y los que se aplican por inyección en el suelo se encuentran unidos a agentes quelatantes de naturaleza orgánica o sintéticos.

Un aspecto relevante del método de aplicación lo constituye la frecuencia de fertilización que permite. Estudios al respecto han revelado, en algunas especies, mejoras en la cosecha y, sobre todo, en la calidad de los frutos en parcelas en las que, a igualdad de unidades fertilizantes, el reparto del fertilizante se ha realizado de modo fraccionado. La razón que se da para ello es que de este modo las concentraciones de nutrientes se mantienen a niveles constantes en la solución del suelo, permitiendo su absorción continua. La fertirrigación es, bajo este punto de vista, el método más satisfactorio, pero debe vigilarse el agua que se utiliza, ya que los fertilizantes que se emplean, salvo la urea, son sales que al ser incorporadas al agua de riego pueden incrementar su salinidad natural.

En algunos campos sin instalación de riego localizado, se aplica el fertilizante, soluble o líquido, a las bocas de riego mediante dosificadores sencillos.

La aplicación de algunos elementos minerales en suelos con altos contenidos calizos sólo es posible mediante la utilización de quelatos. Aunque éstos pueden ser incorporados mediante fertirrigación con un alto grado de eficacia y actualmente existen, también, formulaciones que permiten su aplicación a la superficie

del suelo, en la mayor parte de los casos deben ser incorporados a éste mediante inyección, ya que pueden ser degradados por la luz. La utilización de inyectores específicamente diseñados resuelven este problema.

La aplicación foliar de nutrientes se utiliza ampliamente por la rapidez con que incorpora los elementos aplicados a la planta. Esta se lleva a cabo con depósitos (*tanques*) de varios centenares de litros conectados a un motor de explosión o a la toma de fuerza de un tractor, trabajando a presiones entre 25 y 35 atm. Se utilizan tuberías flexibles de caucho de pequeña longitud (25-30 m) que, conectadas al depósito por un extremo, se distribuyen por el interior de la parcela cambiándolas de posición a medida que se progresa en el tratamiento. En el otro extremo llevan incorporado un *disparador*, a modo de pistola, que permite graduar, en combinación con la instalación de boquillas con orificios de diferente diámetro, el tamaño de la gota del caldo que se aplica. La aplicación foliar también se puede llevar a cabo mediante la utilización de *turboatomizadores*, conectados a la toma de fuerza de un tractor. En este caso, el tractor recorre las calles de la plantación y el atomizador reparte el caldo de modo automático (Foto 11.2).



Foto 11.2. El empleo de turboatomizadores reduce el tiempo y la mano de obra en la aplicación de fitosanitarios.

5. Poda

5.1. Fundamentos y objetivos de la poda

La eliminación y/o acortamiento de parte de las ramas de un árbol para facilitar la formación, la iluminación y la aireación de su copa, con el fin de mejorar la pro-

ducción y la calidad de los frutos, recibe del nombre de poda. Para una completa información sobre los fundamentos y ejecución de la poda de los árboles frutales puede consultarse la obra de Gil-Albert (1997); Mataix y Villarrubia (1999) han publicado aspectos prácticos para el ciruelo.

Sobre el modo de llevar a cabo esta práctica influyen diferentes factores, como la variedad, el patrón, el suelo y el clima; además, para obtener de ella los efectos deseados debe determinarse la forma de ejecutarla, su intensidad y su frecuencia.

Los objetivos prioritarios que se pretenden con la poda de ramas son la formación del árbol, la regulación de la cosecha y la mejora de su calidad.

El hábito natural de muchos árboles es a crecer verticalmente en longitud. Este, sin embargo, varía con las variedades, con cada árbol y, sobre todo, con las condiciones climáticas. Esta tendencia es más pronunciada en las ramas, en las que la dominancia apical es, generalmente, muy marcada. En la medida en que éstas permanezcan intactas, su dominancia persiste y la producción de brotes laterales es escasa o nula. Sin embargo, cuando el propio peso de las ramas o la presencia de frutos las fuerzan hacia una posición horizontal, su dominancia apical cesa y se inicia la brotación de algunas yemas laterales. Normalmente, uno de los brotes laterales así formados y situado en posición más alta, crece más vigorosamente que los otros, convirtiéndose en la rama dominante. Las nuevas ramas laterales comienzan a producir frutos, se doblan por el peso de éstos hasta tomar una posición horizontal, y el ciclo se repite. La dominancia de esta rama secundaria puede llegar a ser tan importante que reduzca la brotación y el crecimiento de las partes más basales de la rama madre, provocando una especie de poda natural. El crecimiento de los árboles, por tanto, consiste en una renovación constante desde las partes más altas del árbol, con la consecuente supresión de ramas viejas y forzado de éstas por su parte basal. Como consecuencia de este hábito natural, las partes más bajas e interiores del árbol se van poblando de una masa densa de ramas débiles y en declive que deben ser, necesariamente, podadas.

Los efectos de la poda han sido evaluados en dos sentidos, fisiológico y ecológico. Fisiológicamente, la poda está relacionada con el balance entre el desarrollo vegetativo y reproductivo, así como con el balance nutricional entre la copa y las raíces, y regula la floración y la fructificación. Ecológicamente, la poda persigue el establecimiento de la forma de la copa del árbol para una mayor producción y mejor calidad en relación con el marco de plantación.

5.2. Tipos de poda

Según los objetivos que se persigan, la poda se divide en poda de formación, de fructificación, de mantenimiento y de regeneración. La **poda de formación** se lleva a cabo durante los primeros años de la vida del árbol y persigue la obtención de una estructura equilibrada y resistente, capaz de soportar las futuras cosechas.

No se aconseja ejecutarla de modo intenso, sino progresivo durante los 2-3 primeros años de plantación. En efecto, durante los primeros años debe favorecerse el desarrollo foliar y, como consecuencia de ello, el desarrollo radicular; por otro lado, las podas excesivas durante este periodo favorecen la prolongación del periodo juvenil, con la formación de chupones, y un retraso en la entrada en producción. La **poda de fructificación** se practica para lograr la mejor distribución nutricional posible entre las ramas. Los árboles, en su crecimiento, tienden a alcanzar el equilibrio entre vegetación y fructificación, pero la exigencia agrícola obliga a modificar dicho equilibrio hacia una mayor producción. La eliminación de una rama facilita la nutrición de sus vecinas y facilita su iluminación. Ambos aspectos tienden a mejorar la producción de éstas. Todo lo que contribuya a reducir el vigor de las ramas, evitando su crecimiento longitudinal excesivo y favoreciendo su desarrollo horizontal, mejora la producción y la calidad de los frutos. Las ramas verticales son muy vigorosas y poco productivas y deben ser, por tanto, eliminadas. La **poda de mantenimiento** persigue controlar el desarrollo del árbol, para un mejor manejo del mismo, y facilitar su relación con el medio. Esta poda debe ser moderada, siguiendo la tendencia natural del árbol según la especie y variedad. Consiste en la eliminación de las ramas de pequeño tamaño, resacas, para facilitar la iluminación de su interior, de los chupones, de gran vigor, y de las ramas altas, de difícil acceso. La **poda de regeneración** se emplea solamente en árboles viejos en los que se detecta una reducción progresiva de la cosecha. La copa se elimina en casi su totalidad, dejando el árbol con sólo 4-6 ramas principales con el fin de promover la producción de nuevos brotes, de gran vigor, a partir de yemas latentes. Es requisito indispensable que los árboles estén sanos para que la puedan soportar.

Según el tipo de corte que se realiza, la poda se divide en poda por despunte y de aclareo. En la **poda por despunte** se corta una parte de un ramo y, por tanto, siempre es sobre una yema determinada. Si es muy bajo, de modo que el número de yemas que se respetan no es superior a 5, se denomina *poda corta o en pulgares*; si, por el contrario, el corte es alto y se mantienen más de 5 yemas, se denomina *poda larga o en varas*. Cuando lo que se eliminan son ramos enteros desde su punto de inserción a las ramas, respetando otros, recibe el nombre de **poda de aclareo**.

Finalmente, la poda puede dividirse según la época de ejecución. La poda realizada durante el reposo vegetativo se denomina **poda en seco** o de invierno. Cuando se realiza desde la caída de la hoja hasta pleno invierno, se denomina *temprana*; en pleno reposo vegetativo se llama *de invierno* y si se efectúa desde finales de enero al desborre se llama *tardía* (Fig. 11.3). La realizada durante el período vegetativo se denomina **poda en verde**; cuando se lleva a cabo durante el periodo de crecimiento se llama *de primavera*, en plena parada estival *de verano* y desde el final del verano hasta la caída de la hoja *de otoño*.

que se propagan vegetativamente (estaca, acodo...). Tras el primer año de crecimiento, este ramo se descabeza a la altura deseada; en general, ésta oscila entre 0,5 y 1,5 m. Durante este período, las ramificaciones laterales deben ser despuntadas hasta $1/2$ ó $1/3$ de su longitud y eliminadas todas aquellas que estén claramente en exceso. Cuando el tronco haya adquirido la altura deseada, se suprimirán sistemáticamente las ramificaciones laterales que aparezcan en el tercio bajo del tronco (*refaldado*).

El **vaso francés** es una forma libre, sin eje central, con un esqueleto formado por: a) un tronco corto (0,3–1,0 m) y vertical, b) tres ramas primarias insertas en el tronco de forma escalonada, formando ángulos entre sí de 120° , dirigidas horizontalmente hacia fuera del tronco y luego hacia la vertical, y c) con cada una de ellas soportando de 2 a 4 ramas secundarias insertas, también, de forma escalonada y formando ángulos con la principal de 30 – 45° . Eventualmente, las ramas más bajas pueden llegar a poseer alguna rama terciaria organizada del modo descrito. Fuera de este esqueleto todas las demás formas tendrán el carácter de formaciones fructíferas (Foto 11.3A).

El **vaso italiano** es una forma libre, en volumen y sin eje central, muy similar al vaso francés, pero cuyas ramas principales y secundarias se dirigen rectas hacia fuera, formando un ángulo de 45° con el tronco (Foto 11.3B).

El **vaso arbustivo** es, también, una forma libre, sin eje central y no sometida a ninguna norma fija. Consiste en un tronco vertical de altura variable (0,3–1,0 m), entre 3 y 6 ramas primarias, insertas en aquél en forma no escalonada y repartidas

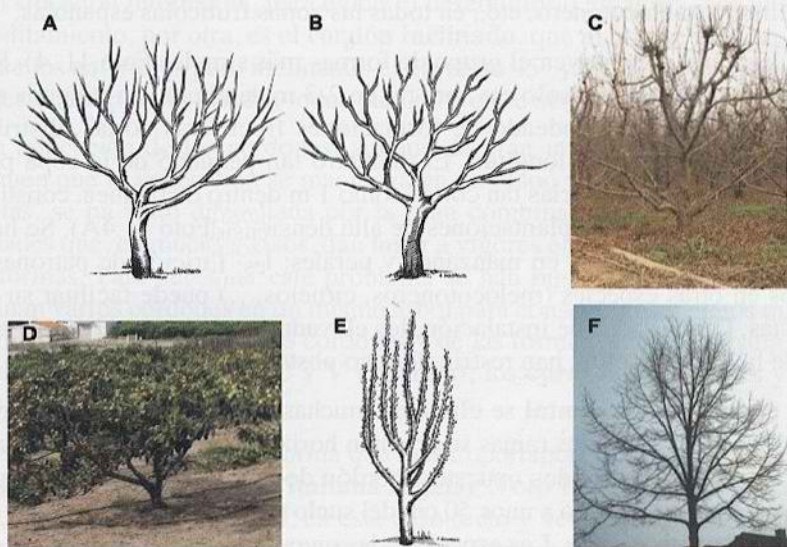


Foto 11.3. Tipos de poda de formación. I. A: Vaso francés. B: Vaso italiano. C: Pirámide irregular. D: Vaso arbustivo. E: Huso. F: Eje central.

en todas direcciones, sin que se estorben y ocupando todo el volumen disponible, y algunas ramas secundarias (ocasionales) distribuidas con los mismos criterios que las primarias (Foto 11.3D).

De entre las formas libres con eje central, la pirámide irregular, el huso y el eje central son las más utilizadas. La **pirámide irregular** está formada por un tronco bajo (0,5-0,8 m) que se prolonga en un eje vertical y recto hasta una altura de 3-4 m. Las ramas primarias se insertan irregularmente a lo largo de él, formando ángulos de 45° y dirigidas hacia el exterior y hacia arriba, ocupando todo el volumen disponible y sin estorbarse (Foto 11.3C). Es la forma recomendable para perales, nogales y cerezos.

El **huso** es una modificación de la pirámide irregular en la que las ramas primarias, en número indeterminado, se dejan crecer casi en vertical y paralelas al eje central, proporcionando al árbol un aspecto fusiforme cerrado y vertical (Foto 11.3E). Es frecuente su utilización en el melocotonero y peral.

La formación de **eje central** es de tipo piramidal con a) un eje central de 3,5 m de altura, b) un piso de ramas secundarias, establecido sobre aquél, a una altura de unos 50 cm desde el suelo, formado por 3-4 ramas escalonadas 30 ó 40 cm, abiertas hacia el exterior, dirigidas en planos divergentes para que no se molesten entre sí, y provistas de alguna rama secundaria ocasional, y c) alguna rama primaria, más joven, situada a 1-1,5 m del piso descrito que ayude a compensar el vigor del árbol y restringir su crecimiento en altura (Foto 11.3F). Es una de las formas más utilizadas actualmente en fruticultura y puede verse en plantaciones de manzano, peral, cerezo, ciruelo, melocotonero, etc., en todas las zonas frutícolas españolas.

Los cordones constituyen el grupo de formas más simple (Foto 11. 4). El **cordón vertical** consta de un solo eje vertical de 2-3 m de altura, sin ninguna ramificación estructural. Está rodeado de formaciones fructíferas cortas, distribuidas irregularmente en toda su longitud. El diámetro tan pequeño de la copa permite plantar los árboles a distancias tan cortas como 1 m dentro de la línea, constituyendo una forma idónea para plantaciones de alta densidad (Foto 11.4A). Se ha utilizado durante muchos años en manzanos y perales; la aparición de patrones poco vigorosos en otras especies (melocotoneros, ciruelos,...) puede facilitar su extensión a éstas. Dificultades de instalación, los elevados costes que exige y la cualificación de la mano de obra, han restringido, no obstante, su expansión.

Con el **cordón horizontal** se eliminan muchas de las dificultades citadas, ya que en este caso el eje o dos ramas se orientan horizontalmente, en un solo sentido (cordón simple) o en sentidos opuestos (cordón doble), respectivamente, apoyándolos en un alambre situado a unos 50 cm del suelo (Foto 11.4C), con lo que se evitan estructuras altas y caras. Las especies a las que se aplica son las mismas que en el caso anterior. Su peor inconveniente es su inducción al debilitamiento y envejecimiento.

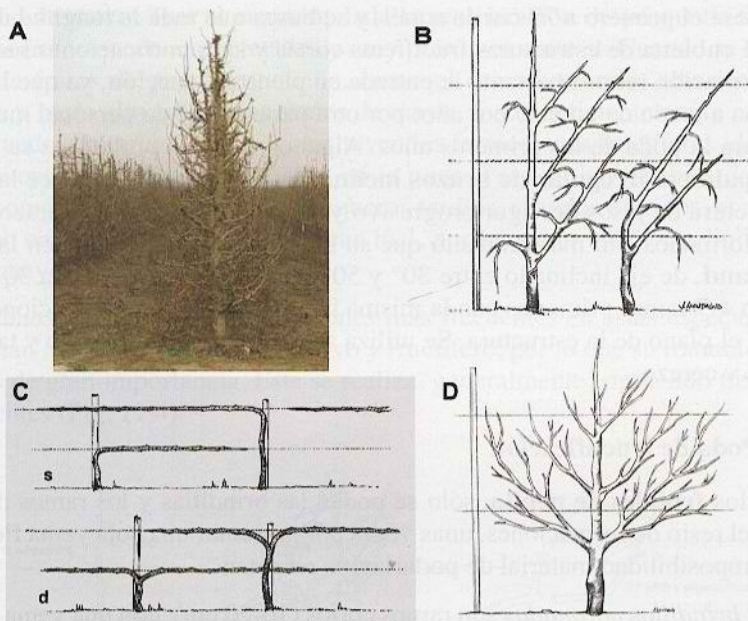


Foto 11.4. Tipos de poda de formación. II. A: Cordón vertical. B: Cordón inclinado. C: Cordón horizontal simple (s) y doble (d). D: Palmeta italiana irregular.

La situación intermedia, para evitar el desequilibrio en altura, por una parte, y el debilitamiento, por otra, es el **cordón inclinado**, que mantiene la misma estructura que los anteriores pero inclinando el eje entre 45° y 70° respecto de la vertical. Los ejes de las plantas quedan todos paralelos entre sí (Foto 11.4B).

La aplicación de los cordones, aunque de gran interés comercial puesto que consiguen que la vegetación se mantenga en un plano y permiten plantar densidades altas, se ha visto dificultada por la gran combinación posible de patrones y variedades que, en muchos casos, dan lugar a vigores elevados e incompatibles con estas formas. Para subsanar este problema se han buscado formas en las que se combinan varios cordones en un mismo árbol para conseguir esqueletos más largos que ofrezcan las ventajas de los cordones y de las formas planas. Así surgieron los **candelabros**, las **formas en U y V (Ypsilon)**, los **cordones múltiples** y las **palmetas**.

De entre estos últimos, la forma que más importancia tiene, aunque hoy está en franca recesión, es la **palmeta italiana regular** (Foto 11.4D). Como todas las palmetas, consta de un eje central, en este caso recto y vertical, de 2 a 4 m de altura, sobre el que se insertan, cada 0,5-0,7 m, pisos formados por 2 ramas simétricas, rectas, situadas en el mismo plano, inclinadas respecto del eje entre 45° y 60° y atadas a alambres orientados paralelamente al suelo. Se instalan entre 4 y 5 pisos,

situándose el primero a 70 cm de aquél, y se busca que toda la longitud de los brazos esté cubierta de estructuras fructíferas cortas y sin ramificaciones secundarias. Esta formación retrasa bastante la entrada en plena producción, ya que la palmeta se forma a razón de un piso por año; por otra parte, exige de personal muy cualificado para la poda de los primeros años. Algunos de estos problemas se resuelven con la **palmeta irregular de brazos inclinados**, en la que desaparece la simetría, la estructura de pisos de vigor progresivo y cada año se eligen los brazos naturalmente formados, sin más requisito que su buen vigor. Finalmente, en la **palmeta Marchand**, de eje inclinado entre 30° y 50° respecto del suelo, cada 30-40 cm se insertan 4-7 ramas primarias con la misma inclinación, pero en direcciones contrarias, en el plano de la estructura. Se utiliza sobre todo en el manzano y también en el peral y cerezo.

5.4. Poda de fructificación

En los **frutales de pepita**, sólo se podan las brindillas y los ramos de madera ya que el resto de formaciones, unas veces por presentar una sola yema floral, otras por la imposibilidad material de podarlas, se respetan.

Las *brindillas coronadas* son ramos cortos (10-20 cm), con una yema de flor en posición terminal y de escasa consistencia, lo que plantea diferentes alternativas (Gil-Albert, 1997): *a*) si hay dardos y lamburdas suficientes, se eliminan las brindillas, pero si el número es insuficiente, *b*) se eliminarán sólo las brindillas coronadas más débiles y peor situadas, dejando sin poda alguna las restantes o *c*) se respetan todas y se eliminarán posteriormente los frutos de las que no ofrezcan garantías para su desarrollo (aclareo).

En el caso de los *ramos de madera*, deben podarse buscando que en ellos se diferencien yemas de flor. Para ello se despuntan todos los ramos no estructurales del árbol por encima de las 3 yemas laterales más basales (*poda* denominada *trigema* o francesa). La yema que queda en posición terminal asegura la prolongación del ramo de madera, absorbiendo así el vigor vegetativo, de modo que las dos basales evolucionarán a formaciones menos vigorosas, como brindillas, dardos, etc. En aquellos casos en que la experiencia dicte que las tres yemas evolucionarán a ramos de madera, sin formaciones fructíferas, se procede a una *poda poligema*, o *poda larga*, que respeta entre 5 y 7 yemas, con el fin de que al menos las más basales desarrollen ramos fructíferos.

Las *brindillas vegetativas*, que son ramos vegetativos débiles, deberían ser tratadas, en principio, con poda trigema, pero dado su pequeño vigor se recomienda podarlas sólo a 1 ó 2 yemas o eliminarlas si es que hay estructuras vegetativas alternativas.

El tratamiento de las formaciones de los **frutales de hueso** es diferente. Los *ramos de mayo*, en general, evolucionan dando flores en todas sus yemas laterales y creciendo vegetativamente a partir de su yema terminal, que acaba dando un

nuevo ramo de mayo. Tras el cuajado, dada la proliferación de yemas de flor que poseen, los frutos quedan arracimados y muy próximos entre sí. Cuando se trata de especies de frutos de pequeño tamaño, como el cerezo, guindo, albaricoqueros tempranos y hasta almendros, los ramos de mayo, si son suficientemente robustos y están situados en ramas sólidas, constituyen las formaciones fructíferas ideales y, en consecuencia, deben ser respetadas en la poda. Pero en las especies de frutos grandes, como melocotoneros, albaricoqueros tardíos, ciruelos híbridos, etc., éstos se estorban entre sí, se deforman y crecen mal, por lo que lo mejor es eliminar los ramos de mayo.

Los *ramos mixtos* son las formaciones más frecuentes en estas especies y los que soportan mayor desarrollo vegetativo y fructífero, por lo que su tratamiento en la poda es de gran importancia. Esta se realiza, generalmente, siguiendo tres criterios diferentes (Fig. 11.4):

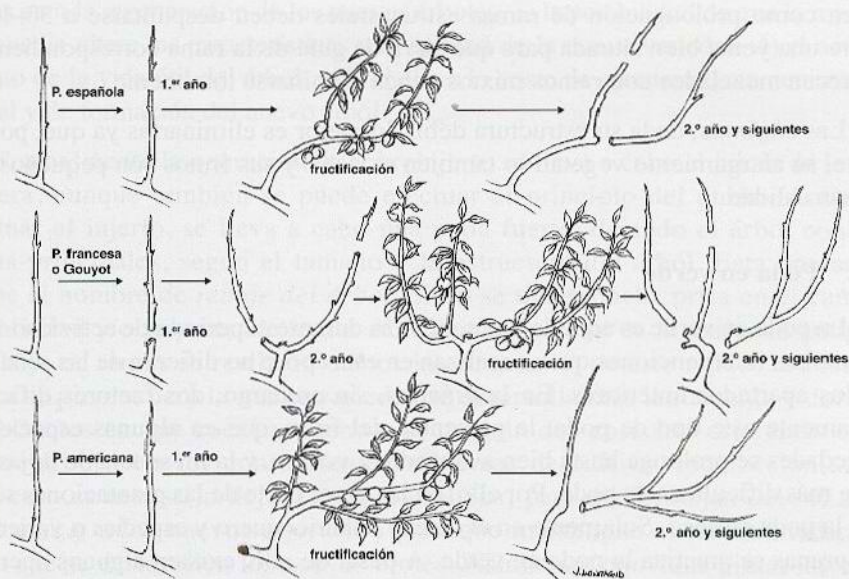


Figura 11.4. Poda de fructificación de ramos mixtos de los frutales de hueso
(Adaptado de Gil-Albert, 1997).

- a) Un simple despunte sobre alguna yema visible de madera situada entre $2/3$ y la mitad del ramo, con lo que se mantienen los frutos de la mitad inferior, no se alarga en demasía la estructura improductiva y se facilita la emisión de ramos de reemplazo próximos al punto de inserción. Al año siguiente se deja el mejor ramo de reemplazo y se despunta como el año anterior. Este tipo de poda recibe el nombre de *poda española* y se practica en variedades destinadas, sobre todo, a la industria (melocotoneros 'Jerónimo', 'Maruja', 'Sudanell', ...).

- b) Dejar unos ramos intactos, para que fructifiquen, y despuntar drásticamente otros, por encima de las 2 yemas más basales. Los primeros aseguran la cosecha y los segundos emiten dos nuevos ramos mixtos. Al año siguiente, los ramos que han fructificado se eliminan y de los dos ramos mixtos nuevos se despunta el superior y se acorta a dos yemas el inferior. Y así en los años sucesivos. Este sistema recibe el nombre de *poda francesa, en gancho o Gouyot*.
- c) Seleccionar los ramos más largos, que no se despuntan, de modo que el peso de los frutos, que cuajan en toda su longitud, los arquee. Con ello se provoca la emisión de reemplazos en la parte basal del ramo. Al año siguiente se elige el mejor de éstos y el ramo que ya ha fructificado se elimina. A este sistema se le denomina *poda americana*.

Los *ramos de madera* son muy escasos en estas especies. No obstante, si aparecen como prolongación de ramas estructurales deben despuntarse a 30-40 cm sobre una yema bien situada para que sirva de guía de la rama correspondiente; si aparecen mezclados con ramos mixtos deben eliminarse totalmente.

Las *chifonas*, dada su estructura débil, lo mejor es eliminarlas ya que, por una parte, su alargamiento vegetativo también es débil y sus frutos son pequeños y de escasa calidad.

5.5. Poda en verde

La poda en verde es aquella que se realiza durante el periodo de actividad vegetativa. Las intervenciones que se realizan en esta época no difieren de las señaladas en los apartados anteriores. En la práctica, sin embargo, dos factores dificultan seriamente este tipo de poda: la presencia del fruto, que en algunas especies y/o variedades se prolonga hasta bien avanzado el verano, y la presencia de hojas, que hace más dificultosa la poda. Por ello, en la mayor parte de las plantaciones se realiza la poda en seco. Solamente en el cerezo, albaricoquero y especies o variedades tempranas se practica la poda en verde. A pesar de ello, existen algunas operaciones que se realizan siempre en verde.

En primavera, y en árboles jóvenes, se procede al *pinzamiento* de los brotes que pueden competir con aquellos que se consideran mejores para la formación del árbol; en árboles adultos, el pinzamiento de brotes que acompañan a los frutos reduce temporalmente el desarrollo vegetativo y favorece el crecimiento del fruto, y el pinzamiento de chupones puede favorecer el desarrollo de los ramos anticipados que llevan, lo que ayuda, en algunos casos, a rellenar zonas del árbol con poca vegetación.

También se realiza en verde la eliminación de rebrotes, ramos cruzados, chupones mal situados, etc.

6. Sobreinjerto

Se denomina sobreinjerto al proceso de injerto de un árbol adulto (ver Capítulo 10, apt. 1.2.4), en cultivo, con el *objetivo* de cambiar de variedad. El *motivo* de ello puede ser la existencia de un comportamiento anormal de la variedad existente, su adaptación deficiente a las condiciones específicas de cultivo, la necesidad de cambiar a otra variedad económicamente más rentable, o la obtención de material de injerto de mejor calidad. Esta operación es frecuente en fruticultura, constituyendo el modo más generalizado de cambio de variedad, siempre que los árboles a injertar se encuentren en buen estado fitosanitario. Mataix y Villarrubia (1999) han publicado la práctica de esta técnica.

Los principales *inconvenientes* que presenta este método son: 1) la transmisión de algunas enfermedades, 2) la reducción de la producción, durante los años necesarios para la regeneración de los nuevos árboles, 3) la posibilidad de que la madera intermedia altere las características y la calidad de la nueva variedad, 4) el acortamiento de la vida útil del árbol, y 5) el elevado coste de ejecución, mantenimiento inicial y de formación del nuevo árbol.

Normalmente la operación de sobreinjerto se lleva a cabo al inicio de la primavera, aunque también se puede efectuar al principio del otoño. Antes de efectuar el injerto, se lleva a cabo una poda fuerte, dejando el árbol con 6-8 ramas principales, según el tamaño y la estructura del árbol. Esta operación recibe el nombre de *rebaje del árbol*. Si no se tiene mucha prisa en el cambio de variedad y/o se pretende seguir obteniendo cosecha de la variedad antigua, el rebaje de ramas se realizará menos intensamente; de este modo, la cosecha nunca se pierde, pero la nueva variedad se desarrolla más lentamente y durante los 2-3 años en que coexistan ambas se tendrán dos cosechas diferentes en el mismo árbol, con los consiguientes problemas de cultivo, recolección,... En todo caso es necesario dejar ramas sin rebajar, para que protejan del sol a las injertadas y a los nuevos injertos, y para que mantengan al sistema radicular hasta que se desarrollen los nuevos brotes. Asimismo, conviene pintar las heridas de los cortes realizados con un mastic asfáltico o con cal apagada, para evitar el ataque de hongos y los daños por insolación. Las yemas se injertan en las ramas principales rebajadas, a unos 30-35 cm de su extremo, y se mantiene dicho tramo para ser usado como tutor de los nuevos brotes; éstos se atan a ellos para dirigirlos, protegerlos de los vientos, etc. Cuando los brotes se han desarrollado, se despuntan, a una altura de 30-50 cm, para provocar la brotación de sus yemas laterales y conseguir una rápida repoblación de hojas. Adicionalmente, el forzado de los nuevos brotes hacia un crecimiento horizontal facilita la brotación. Los brotes que surjan de la madera vieja, es decir, los brotes de la antigua variedad, deben ser eliminados para que no resten nutrientes ni vigor a la nueva.

7. Rayado de ramas

El rayado consiste en la interrupción, por medios mecánicos, del transporte floemático de las ramas o el tronco. Con ello, se reduce el vigor y se favorece la fructificación. Constituye una técnica ampliamente utilizada en agricultura con fines diversos, así se emplea para:

1. Inducir la floración de variedades alternantes de cítricos.
2. Incrementar el cuajado de variedades con un bajo índice de partenocarpia natural.
3. Acelerar el desarrollo de los frutos.
4. Aumentar su tamaño final.
5. Anticipar la maduración.
6. Provocar la brotación de yemas recién injertadas.

Básicamente hay dos tipos de rayado: la eliminación de un anillo completo de corteza del tronco o de las ramas principales, de anchura variable, y la ejecución de un simple corte ($\approx 1\text{mm}$ de anchura) alrededor de toda la circunferencia de las ramas principales y sin la separación de corteza (Foto 11.5). La anchura del corte no es determinante de la intensidad de la respuesta (Agustí *et al.*, 1998).



Foto 11.5. Rayado fino y ancho en ramas de níspero japonés. La anchura del rayado no es determinante en la obtención del efecto buscado, pero modifica notablemente el tiempo de cicatrización. Esta, en el caso del rayado fino, es perfecta, siempre que el rayado no afecte la madera, y tan solo se produce, por encima de la zona donde se efectúa, un ligero engrosamiento de la rama.

La mayor evidencia sobre el mecanismo de acción del rayado consiste en la acumulación de carbohidratos en la parte del árbol por encima de la zona de rayado. La razón de ello se basa en la interrupción, temporal, del transporte floemático como consecuencia del corte practicado, lo que provoca un desequilibrio, también temporal, entre la copa y el sistema radicular, favorable a la primera que, dependiendo de la época en que se realice, afecta a la manifestación de uno u otro proceso del desarrollo, al modificar la relaciones fuente-sumidero de la planta. En efecto, como consecuencia del rayado, los órganos situados en la zona superior incrementan su capacidad de acumular carbohidratos, favoreciéndose así su nutrición y explicando de este modo los efectos que logra. Este proceso fue demostrado, indirectamente, por Rabideau y Burr, en 1945 (*Amer. J. Bot.*, 32: 349), al poner en evidencia que el transporte basípeto de carbohidratos se lleva a cabo por el floema: la interrupción, o rayado, de éste impidió el transporte de los azúcares marcados con ^{13}C desde las hojas a las raíces, pero no así el transporte de ^{32}P desde las raíces a las hojas. A pesar de ello, existen evidencias de que el rayado podría alterar el balance hormonal de la planta.

En la práctica del rayado, la época en que se lleve a cabo es factor decisivo de la respuesta esperada. Pero el estado fitosanitario del árbol y la ejecución en sí del rayado son, asimismo, factores decisivos. Este debe efectuarse afectando sólo al floema y sin dañar el leño. En caso contrario, queda afectado el xilema que, por una parte, no se regenerará hasta una nueva etapa de actividad cambial y, por otra, interrumpirá el transporte acrópeto de agua y elementos minerales, con los consiguientes efectos derivados de su estado carencial. Si el daño fuera muy importante puede peligrar la vida de la rama rayada. La práctica de un rayado ancho, con separación de un anillo de corteza, o la repetición del rayado en fechas cercanas, puede dar lugar a una acumulación excesiva de azúcares en las hojas; en estos casos, se inicia un amarillamiento de los nervios foliares que progresa por todo el limbo y provoca, finalmente, la abscisión masiva de hojas de la rama rayada.

Con el fin de evitar estos daños, se recomienda efectuar el rayado con tijeras de filo curvo, especialmente diseñadas para ello. Con ellas se abraza la rama y se aprieta hundiendo los filos en la corteza hasta notar la resistencia del leño; llegado a este punto, y sin hacer más fuerza, se le da la vuelta completa a la rama accionando las tijeras con un movimiento de muñeca. Las tijeras utilizadas están diseñadas para el rayado de ramas de, aproximadamente, 5-7 cm de diámetro, lo que impide rayar el tronco; pero en aquellos casos en que ello fuera posible, se recomienda no hacerlo, ya que si hay algún error de ejecución, éste afectará sólo a la rama rayada y no a todo el árbol, como ocurriría si se rayara el tronco. Los árboles jóvenes, en formación, y aquellos cuyo estado fitosanitario sea deficiente, se recomienda no rayarlos.

El rayado de ramas se utiliza con relativa frecuencia en el cultivo de cítricos, melocotoneros, albaricoqueros, ciruelos y vid.

8. Protección del cultivo

8.1. Plagas

Son muchos los enemigos naturales de las plantas cultivadas. García-Marí *et al.* (1994) describen unas 150 especies de fitófagos que pueden ser plagas de los cultivos. En el caso de las plantas leñosas el número no es muy inferior y, por ello, la amenaza que representan sobre la producción y calidad de los frutos, por una parte, y los costes económicos que su control supone, por otra, hacen de su conocimiento un aspecto clave de la productividad frutícola.

El control de las plagas en fruticultura se aborda bajo el punto de vista químico, provocando la muerte de los individuos atacantes, o ecológico, buscando el modo de reducir su incidencia utilizando en su contra otros agentes que no sean nocivos para las plantas, o una combinación de ambos. El control integrado se define como aquel sistema que utiliza al máximo los recursos y los mecanismos de regulación naturales, teniendo en cuenta la protección del medio ambiente, la rentabilidad y las exigencias sociales y asegurando una agricultura viable a largo plazo.

Las principales plagas de los árboles frutales y su control se revisan brevemente a continuación, aunque los daños específicos que producen en cada especie se verán en los capítulos correspondientes.

Los **áfidos** o pulgones son insectos de la superfamilia *Aphidoidea*. Poseen un cuerpo globoso, entre 1 y 3 mm de largo, de color negro, pardo, verde, amarillo o blanco y, a veces, recubierto de secreciones ceras pulverulentas o algodonosas, como los pulgones harinosos o laníferos. En el abdomen poseen dos sifones, por los que excretan sustancias de la hemolinfa ricas en ceras y en feromonas de alarma, y una cola o cauda, por la que expulsan la melaza que, característicamente, produce esta plaga. Su aparato bucal está formado por un pico con cuatro estiletes que clavan en la planta y avanzan entre las células de los tejidos, sin dañarlas y cambiando de dirección, hasta alcanzar el floema, de cuyos fluidos se alimentan. Estas picaduras, por una parte, debilitan a las plantas y, por otra, son responsables de la transmisión de virosis, como consecuencia del intercambio de saliva que provocan. Algunas especies inyectan sustancias que provocan malformaciones en los órganos en desarrollo o agallas. Su elevada capacidad reproductiva los hace vulnerables frente a sus enemigos naturales

Su fuente de nutrición son aminoácidos, por lo que los carbohidratos que absorben del fluido floemático los excretan al exterior a través de la cauda, originando la melaza que ensucia los órganos de la planta atacados atrayendo hormigas y siendo base del desarrollo del hongo negrilla. Según el número de especies de las que se alimentan se clasifican en monófagos, si atacan a una o unas pocas especies de un mismo género o géneros próximos, oligófagos, si se establecen sobre plantas de géneros relacionados filogenéticamente, y polífagos, si se desarrollan en plantas muy separadas filogenéticamente.

La mayor parte de las especies de pulgones se desarrollan en las brotaciones jóvenes, pero algunas son gallícolas y se establecen en las agallas que producen. También hay especies que viven sobre la madera del frutal y otras son radicícolas.

De entre sus enemigos naturales destacan los neurópteros *Chrysoperla carnea* Stephens y *Chrysopa septempunctata* Westmael, los coleópteros coccinélidos, algunos himenópteros parasitoides de la familia *Aphidiidae*, y hongos entomopatógenos, como *Verticillium lecanii*. Pero en muchos casos el control biológico de los pulgones no es satisfactorio, bien por la gran proliferación de éstos, bien porque sus enemigos naturales aparecen muy tarde cuando las poblaciones son ya muy elevadas. Y en esos casos hay que recurrir a la lucha química.

Los tratamientos deben efectuarse antes de que la población de áfidos alcance niveles elevados y las sustancias utilizadas deben respetar los enemigos naturales. Las primeras aplicaciones, cuando se detecte la invasión inicial de pulgones, deben ser de productos de contacto, como malation, diazinón, pirimicarb, carbosulfan, y piretroides. Si el ataque es muy persistente y las hojas ya están enrolladas, deben aplicarse sustancias sistémicas como dimetoato o imidacloprid. Algunos de estos plaguicidas respetan a los enemigos naturales.

Los **cóccidos** son insectos de la superfamilia *Coccoidea*. Son de pequeño tamaño (< 3 mm) y presentan dimorfismo sexual, siendo los machos alados y las hembras ápteras y neoténicas, es decir, alcanzan la madurez sexual con aspecto de larvas. En la familia *Coccidae*, o lecanidos, todos los estados inmaduros son móviles, aunque la hembra adulta permanece fija una vez iniciada la puesta. Esta presenta un dorso quitinizado, duro, con secreciones de laca, filamentos o placas de cera. En el primer caso, posee una cavidad, que se sitúa entre su cuerpo y la planta, y en la que deposita los huevos; en el segundo, forma un ovisaco con los filamentos céreos que sitúa sobre sí misma o lateralmente. Pertenecen a esta familia las caparretas negra (*Saissetia oleae*) y blanca (*Ceroplastes sinensis*). Los cóccidos de la familia *Pseudococcidae* se alimentan del fluido floemático y producen abundante melaza; son móviles en todos sus estados, incluida la hembra adulta. Su cuerpo es blando y está cubierto de abundante secreción cérea, harinosa y blanca; la puesta la realizan en masas algodonosas. La plaga más importante en la fruticultura española perteneciente a esta familia es el cotonet (*Planococcus citri*). Las cochinillas de la familia *Margarodidae* son grandes (6-10 mm) y móviles en todos sus estadios. La hembra adulta segrega filamentos céreos compactos para formar el ovisaco. La plaga más importante de esta familia es la cochinilla acanalada (*Icerya purchasi*). En la familia *Diaspididae*, las hembras están cubiertas por un escudo, circular o alargado, formado por secreciones larvarias céreas y en el que se encuentran los huevos; sólo son móviles en la primera parte del primer estadio larvario. Sus segmentos abdominales están fusionados, formando el pigidio, con formaciones cuticulares marginales y glándulas tegumentarias que resultan indispensables para su clasificación. Pertenecen a esta familia el piojo rojo (*Chrysomphalus dictyospermi*), el piojo rojo de California (*Aonidiella aurantii*), el piojo gris (*Parlatoria pergandii*),

el piojo blanco (*Aspidiotus nerii*), las serpetas de los cítricos (*Lepidosaphes beckii* e *Insulaspis gloverii*) y de los frutales (*Mytilococcus ulmi*) y el piojo de San José (*Quadraspidiotus perniciosus*).

Las cochinillas producen distintos tipos de daños. Debilitan la planta absorbiendo fluido floemático, facilitan la pérdida de agua del vegetal por sus múltiples picaduras, facilitan la entrada a hongos y bacterias patógenos, pueden provocar agallas, chancros y tumores, segregan gran cantidad de melaza que es caldo de cultivo para el hongo negrilla, producen manchas cloróticas sobre las hojas que pueden llegar a caer y permanecen en el fruto hasta su recolección o dejan la huella en él, a modo de señales verdosas o aureolas rojizas, depreciándolo absolutamente.

Los cóccidos son los insectos que más dificultades presentan para su control. Sin embargo, la lucha biológica se muestra eficaz en muchos casos; las caparretas negra y blanca son controladas por los himenópteros *Encyrtidae* y *Pteromalidae*; *Criptolaemus montrouzieri* Mulsant, un coleóptero, controla con eficacia el cotonet; *Rodolia cardinalis* Mulsant, coleóptero, es muy eficaz en el control de la cochinilla acanalada; los himenópteros parásitos de la familia *Aphelinidae*, como *Aphytis chrysomphali* y *A. melinus* controlan eficazmente los piojos rojo y rojo de California, *A. lepidosaphes* y *Encarsia elongata* son eficaces contra las serpetas de los cítricos y *Prospaltella perniciosi* contra el piojo de San José; los coleópteros *Chilocorus bipustulatus* L. y *Exochomus quadripustulatus* L. están muy extendidos y son activos depredadores de lecanidos y diaspididos.

A pesar de la existencia de insectos útiles, en ocasiones se hace necesario recurrir a la lucha química ya que algunas de las manchas que los cóccidos dejan sobre la superficie del fruto reducen seriamente su valor comercial. Sustancias como clorpirifos, metidation, metilpirimifos, fenoxicarb, fosmet,... se han mostrado eficaces. En general, se recomienda realizar los tratamientos cuando se presentan las formas sensibles, es decir, en las épocas correspondientes al máximo de larvas móviles.

Los **lepidópteros** son insectos cuyas larvas se transforman en mariposas de tamaño variable (1mm-30 cm de envergadura), con elevada tasa reproductiva y fitófagos. En los frutales, se alimentan de la madera, como es el caso de *Zeuzera pyrina*, *Cossus cossus* y *Synanthedon myopaeiformis*, de las flores o frutos, como *Prays citri* y *P. oleae*, *Cydia pomonella*, *C. molesta*, *Cacoeconomorpha pronubana*, y de las hojas, como *Aglaope infausta*, *Leucoptera malifoliella*, *Lyonetia clerkella* y *Phyllocnistis citrella*. La lucha biológica, con eficacia limitada, está centrada casi exclusivamente en los minadores de hojas, casi todos himenópteros de los géneros *Sympiesis*, *Phygadeuon*, *Cirrospilus*, *Citrostichus* y *Ageniaspis*. En lepidópteros se encuentran muy desarrollados los métodos de control basados en el uso de atrayentes o feromonas, como la confusión sexual o el trampeo masivo. Aún así, en algunos casos se ha de recurrir a la lucha química; ésta se basa en la utilización de abamectina, diflubenzurón, flufenoxurón y hexaflumurón.

Los **coleópteros** son insectos caracterizados por poseer dos alas quitinizadas y duras, denominadas elitros, que cubren a un segundo par, membranoso, que utilizan para volar. El adulto es masticador, con las mandíbulas muy desarrolladas; la larva es muy activa, móvil y también masticadora, con las piezas bucales bien desarrolladas. El orden *Coleoptera* se divide en dos subórdenes, *Adephaga* y *Polyphaga*, perteneciendo la mayoría de las plagas al segundo. En las especies frutales tienen importancia la superfamilia *Buprestoidea*, a la que pertenece la familia *Buprestidae* y a ella el gusano cabezudo (*Capnodis tenebrionis*), que ataca a los brotes jóvenes y, sobre todo, a las raíces de los frutales de hueso alimentándose de su madera, y la superfamilia *Curculionioidea*, a la que pertenece la familia *Scolytidae* y a ella los barrenillos de los frutales de pepita y de hueso (*Scolytus rugulosus* y *S. amygdali*) y del olivo (*Phloethribus scarabaeoides*), que excavan galerías en ramas jóvenes y brotes, con exudaciones gomosas, secado de brotes y caída de frutos. El control de estas plagas es difícil porque pasan la mayor parte de su vida en el interior de la madera, donde es difícil llegar con plaguicidas. En todos los casos se aconsejan medidas preventivas, cortando y quemando las partes del árbol afectadas. El control químico del gusano cabezudo se realiza en los periodos de alimentación de los adultos (primavera, antes de la puesta, y en otoño, cuando salen a invernar) y en el máximo periodo de puesta de las larvas. Los primeros se tratan con fenitrotión o metil azinfos; las segundas con tratamientos al suelo de clorpirifos o diacínón. Para eliminar los barrenillos se puede usar dimetoato.

Las moscas de la fruta pertenecen al orden *Diptera*, suborden *Cyclorrhapha*, familia *Tephritidae*. Las hembras adultas realizan la puesta en los frutos, flores, hojas o tallos, en los que se desarrollan las larvas. En el caso de los frutos, éstas se alimentan de la pulpa y excavan galerías, el fruto se pudre, cae al suelo y se reinicia el ciclo con la emergencia de nuevos adultos. En España, el control de la mosca del Mediterráneo (*Ceratitis capitata*) se lleva a cabo químicamente. Este se inicia cuando el nivel de capturas en las trampas así lo aconseja (de 0,5 a 1 mosca/trampa y día), y se realiza por los servicios oficiales mediante tratamientos aéreos, a ultrabajo volumen, de bandas de 20 m separadas por otras sin tratar de 50 m. Se utilizan pulverizaciones cebo con mezclas de proteínas hidrolizadas (1,5%) y malatión (1,5%). Estos tratamientos, no obstante, deben ser complementados manualmente en cada parcela para garantizar su eficacia. Actualmente se ha iniciado la lucha biológica, autocida, con la producción de machos irradiados, estériles, incapaces, por tanto, de fecundar a las hembras. La separación de machos y hembras en los estados inmaduros, para proceder a su irradiación, y la dificultad de obtener una esterilidad del 100%, son los principales problemas de aplicación de esta técnica. El control de la mosca del olivo (*Bactrocera oleae*) se realiza mediante tratamientos terrestres o aéreos con proteínas cebo y un insecticida fosforado (dimetoato o triclofón).

Los ácaros, pertenecientes a la clase *Aracnida*, son animales de pequeño tamaño (entre 0,1 y 0,5 mm de longitud los que tienen importancia agrícola) que se ali-

mentan de sustancias de origen animal y vegetal. Su anatomía externa es muy sencilla, en comparación con los insectos y otros artrópodos, y se caracteriza por la ausencia de segmentos visibles. Su cuerpo se divide en dos partes: anterior o gnatosoma y posterior o idiosoma. La primera equivale a la cabeza de los insectos, pero sin antenas ni mandíbulas y contiene dos pares de apéndices, los quelíceros, o piezas bucales, y los palpos, de acción sensorial y de ayuda a la ingestión de alimentos. El idiosoma es una estructura en forma de saco y posee cuatro pares de patas. Su reproducción predominante es por partenogénesis arrenotoca, con hembras diploides y machos haploides, y casi todas las especies son ovíparas. Las fases de su desarrollo son huevo, larva, protoninfa, deutoninfa y adulto.

Los ácaros de mayor importancia agrícola se agrupan como sigue. 1) Fitófagos; los más importantes pertenecen a la familia *Tetranychidae*. Son las arañas rojas o amarillas y los ácaros rojos y pardos de los géneros *Tetranychus* y *Panonychus*, respectivamente. Su alimentación provoca la desaparición de las células epidérmicas de hojas y frutos, que se decoloran y pierden su color y brillo característicos. Diversas especies de la familia *Eriophyidae* producen agallas en las hojas, como *Eryophies pyri* en el peral, o en las yemas, como *Phytoptus avellanae*, en el avellano. Algunos poseen vida libre y pueden producir deformaciones en los tejidos de los que se alimentan, como el ácaro de las yemas del limonero, *Aceria sheldoni*. Y también pueden producir decoloraciones o tonalidades distintas a las normales, como el ácaro del tostado de los frutos cítricos, *Phyllocoptura oleivora*, el ácaro del russeting del peral, *Epitrimerus pyri*, y el ácaro del plateado del melocotonero, *Aculus fockeui*. Finalmente, algunos son transmisores de virus, aunque poco eficaces. 2) Depredadores. Se nutren de otros ácaros o de insectos de pequeño tamaño, como trips, pulgones o cochinillas. El grupo más importante de estos ácaros pertenece a la familia *Phytoseiidae*, entre los que se encuentran, como más importantes, *Euseius stipulatus*, enemigo natural de *P. citri* o ácaro rojo de los cítricos, y *Amblyseius andersoni* y *A. californicus*, que controla al *P. ulmi* en los frutales. 3) Saprófagos. No son relevantes en agricultura, ni por los daños que producen ni por su acción depredadora.

En su lucha química se utilizan aceites minerales, que poseen una buena acción acaricida, incluso ovicida, al mismo tiempo que respetan la fauna útil. Además de éstos, las sustancias químicas con carácter acaricida que se recomiendan, tanto por su acción ovicida como sobre estados móviles, son hexitiazox, tebufenpirad, clofentecin, dicofol y amitraz. Su aplicación debe efectuarse durante los meses de mayor peligro, cuando se advierta un incremento de la población, y en función de umbrales de tratamiento que suelen oscilar entre el 20 y el 80% de hojas ocupadas. En ningún caso deben efectuarse tratamientos preventivos, sistemáticos o repetitivos, ya que los ácaros pueden desarrollar resistencia. En este sentido, se recomienda alternar productos y aplicarlos sólo cuando sea necesario. Dada la distribución del ácaro por la planta, se hace imprescindible mojar bien todo el árbol, tanto las hojas como las ramas viejas.

8.2. Enfermedades

Toda disfunción de un proceso vital que resulta en una anomalía estructural deletérea o en alteraciones fisiológicas, con síntomas acompañantes más o menos específicos, recibe el nombre de enfermedad. En los vegetales, las anomalías y alteraciones pueden afectar a la planta entera, a alguno de sus órganos, o a sus productos, y los agentes que las producen reciben el nombre de patógenos. En este sentido, la enfermedad conlleva un descenso de la productividad y/o de la calidad de los órganos que afecta, lo que unido a los costes para su prevención o control reduce la rentabilidad de la explotación. A pesar de ello, los daños producidos en fruticultura por acción de las enfermedades son, en general, menores que los que producen las plagas, si bien algunas de ellas hayan supuesto daños irreparables de difícil superación (caso de la *tristeza* en los cítricos, la *sharka* en los frutales de hueso,...) y ello dependa, en gran medida, del grado de tecnificación y de la intensificación del cultivo. Hongos, nematodos, bacterias, virus, tiroides y fitoplasmas son responsables de las enfermedades de los frutales. Llácer *et al.* (1996), Montesinos *et al.* (2000), Ogawa *et al.* (2000) y Durán-Vila y Moreno (2000), han revisado las más importantes.

En fruticultura, el control de enfermedades se lleva a cabo, mayoritariamente, mediante métodos químicos, aunque en unas pocas es posible la lucha biológica. En todo caso, es posible la lucha integrada utilizando productos a concentraciones y en épocas compatibles con la protección del medio ambiente, así como aplicando técnicas de cultivo respetuosas con éste, como injertos puente, desinsectación de herramientas, quema de restos de poda, manejo del riego, desinsectación del suelo, etc. Pero ha sido la resistencia genética, esto es, la utilización de variedades y/o portainjertos tolerantes o resistentes a enfermedades, la que ha permitido convivir con muchas de ellas, sobre todo de origen vírico, sin menoscabo de la producción y la calidad de los frutos. La utilización de cepas hipovirulentas también está dando buenos resultados en algunos casos.

Las principales enfermedades de los árboles frutales y su control se revisan brevemente a continuación, dejando los síntomas específicos que producen en cada especie para su capítulo correspondiente.

Muchas plantas frutales son sensibles a los hongos del suelo que causan **micosis radiculares**. Pertenecen a la clase *Oomycetes*, en la que se encuentran las especies del género *Phytophthora* (reseñados como productores de chancros), *Ascomycetes*, a la que pertenece *Rosellinia* spp., y *Basidiomycetes*, que posee las especies de *Armillaria* spp. Todos estos hongos presentan una evolución y síntomas similares. Colonizan el sistema radicular atacando y necrosando raicillas de la barbada, como es el caso de la *Phytophthora* spp., localizándose entre la corteza y el leño, como la *Armillaria* spp., o recubriendo las raíces, como la *Rosellinia* spp. En el primer caso el ataque se produce en cualquier etapa del desarrollo del árbol y afecta a las células más jóvenes provocando un colapso rápido y la muerte radical; en el

segundo, la infección solo afecta a los tejidos corticales formando un micelio en forma de abanico por debajo de la corteza. Debe realizarse un control preventivo eliminando restos de madera y cultivos previos que pueden estar infestados y desinfestando químicamente el suelo como se ha indicado más arriba. El control químico puede realizarse con tratamientos al suelo, foliares o de inyección al tronco con fungicidas sistémicos, como fosetil-Al, metalaxyl (en proceso de retirada del mercado, pero con plazo máximo de comercialización por establecer) o ácido fosforoso para el control de *Phytophthora* spp., y *Armillaria* spp. La utilización de patrones tolerantes representa un modo eficaz de luchar contra estas micosis; se han logrado avances importantes en aguacate, cítricos y frutales de hueso.

Los daños producidos por **micosis del cuello de la raíz** se deben a hongos *Oomycetes* del género *Phytophthora*. Los síntomas se localizan en el tronco, en la zona próxima al injerto, y en las raíces, y se caracterizan por exudaciones gomosas, secado, muerte y, en el caso del tronco, roturas verticales de amplias zonas de la corteza. Los árboles afectados ven reducido su vigor, presentan hojas de menor tamaño y amarillentas y producen menos frutos que, además, son de menor tamaño. El control de estas enfermedades es directo, mediante la aplicación de fungicidas. La mayor parte de ellos poseen una acción de contacto, por lo que se aplican localmente al tronco del árbol, después de raspar las exudaciones gomosas y eliminar los tejidos afectados de la corteza. Se utilizan oxiclورو de Cu, ditiocarbamatos (maneb, mancozeb,...) y derivados ftalimídicos (folpet,...), a la caída de las hojas. El desarrollo de fungicidas sistémicos activos contra hongos *Oomycetes*, con propiedades curativas y protectoras, ha representando un importante avance en su control. Entre ellos, un derivado fosfónico, el fosetil-Al, y un derivado de las acylalaninas, el metalaxyl, han demostrado ser activos contra *P. nicotianae* var. *parasitica* y *P. citrophthora*. Su acción es tanto sobre las esporas como sobre los micelios. La aplicación de fosetil-Al debe llevarse a cabo cuando se observen los primeros síntomas de daños y se recomienda su pulverización foliar, a concentraciones entre 0,2% y 0,3% de producto comercial, en los periodos de brotación.

Algunos hongos son capaces de instalarse en el xilema durante gran parte de su ciclo parasítico interfiriendo en el transporte de agua y provocando clareamiento de nervios, clorosis, necrosis y defoliación (con desarrollo acrópeto) y, en los casos graves, un colapso del árbol y la muerte rápida del mismo o de alguna rama (en su parte basal). Este tipo de disfunciones recibe el nombre de traqueomicosis o **micosis vasculares**. Las fuentes de inóculo más importantes de estas enfermedades son el suelo, las semillas y el material vegetal de propagación. Las enfermedades más importantes están ocasionadas por hongos de los géneros *Ceratocystis*, *Fusarium* y *Verticillium*. Para su control se recomienda un sistema integrado consistente en la reducción del inóculo inicial, utilizando material libre de patógenos y desinfestando el suelo, y la reducción de la eficacia del inóculo, cultivando variedades resistentes y, complementariamente, con técnicas de cultivo específicas. El control químico se presenta muy poco eficaz y se restringe a tratamientos al suelo previos a la

plantación con cloropirrina y mentam-sodio; la utilización del bromuro de metilo con estos fines es altamente eficaz, pero sus efectos negativos sobre el medio ambiente dejan en entredicho su utilización, que tiene ya limitado su plazo máximo de utilización.

Finalmente, las **micosis aéreas** presentan daños de importancia en los frutales, atacando ramas, de diferentes edades, yemas, hojas, flores y frutos. Pertenecen a este grupo de enfermedades los oídios, royas, chancros, moteados, cribados y moniliosis. Los **oídios** son hongos pertenecientes a la clase *Ascomycetes*, orden *Erysiphales*, familia *Erysiphaceae*. Son parásitos obligados, de micelio blanquecino, cuyas hifas crecen sobre la cutícula de los órganos que atacan, sobre todo hojas y frutos, atraviesan la epidermis y penetran en sus células de las que se alimentan. En fruticultura los más importantes son el del manzano, *Podosphaera leucotricha*, el de los frutales de hueso, *Sphaeroteca pannosa*, el del algarrobo, *Oidium ceratoniae*, y el del mango, *O. mangiferae*. La lucha química es la más eficaz ya que, al tratarse de hongos de desarrollo externo, el fungicida entra fácilmente en contacto con las hifas y las destruye; también se emplean fungicidas sistémicos. Entre los primeros se utiliza el azufre, a pesar de su fitotoxicidad si no se usa correctamente y de sus efectos negativos sobre la fauna útil, los dinitrofenoles, como dinocap y binapacril; de entre los sistémicos se emplean las 2-aminopirimidinas, como bupirimato, los fungicidas organofosforados y los inhibidores de la síntesis de ergosterol, fungicidas de amplio espectro y de naturaleza heterogénea, entre los que se hallan las piperazinas, piridinas (nuarimol, fenarimol,...), morfollinas (tridemorf y fenpropimorf), imidazoles (imazalil, autorizado sólo para aplicaciones post-cosecha) y triazoles (diclobutrazol, diniconazol, propiconazol, triadimefon,...).

Las **royas** pertenecen a la clase *Basidiomycetes*, orden *Uredinales* y se aceptan hasta 14 familias de royas. Son hongos parásitos obligados que atacan a los órganos aéreos de las plantas, principalmente hojas y tallos. Sus esporas penetran en el vegetal a través de la epidermis o de los estomas y desarrollan un micelio intercelular que llega a incluirse en las células por invaginación de éstas. Como consecuencia de ello dan lugar a lesiones muy características, generalmente locales, en las que se rompe la epidermis del órgano y liberan masas pulverulentas de esporas, dando un aspecto herrumbroso típico al que hace referencia su nombre. La roya *Tranzschelia pruni-spinosae*, var. *discolor*, es la más importante en fruticultura. El control químico de las royas se realiza con aplicaciones de ditiocarbamatos y triazoles. Aunque la resistencia genética y el control biológico en cereales y especies forestales ha avanzado espectacularmente en los últimos años, en fruticultura están todavía en sus comienzos.

De entre las disfunciones más frecuentes provocadas por agentes patógenos se encuentran los **chancros**. Estos consisten en lesiones necrosadas secas que generan exudaciones gomosas y que provocan la muerte de los tejidos corticales atacados de las plantas. Pueden ser perennes, extensos y situados en el tronco, anuales, pequeños y localizados en ramas del año, nodales, desarrollados en los nudos,

deprimidos, que atacan a la corteza deprimiéndola, agrietados, con presencia de fisuras, y gomosos, con abundantes exudaciones. Acompañando a los chancros es frecuente observar necrosis, gomosis, clorosis foliar, marchitez, desecaciones o defoliación. En fruticultura los chancros más importantes son los desarrollados por hongos de las clases a) *Oomycetes* del género *Phytophthora*, que atacan prácticamente a todas las especies frutales y localizan preferentemente su actividad patógena, como ya se ha dicho, en la parte basal de los troncos, b) *Deuteromycetes* del género *Monilia*, cuyos chancros se localizan en ramas, c) *Pyrenomicetes* de los géneros *Nectria*, que atacan a frutales de pepita, de hueso y al nogal, *Cryphonectria*, que origina el cancro del castaño, y *Valsa*, presentes en las ramas de los frutales de hueso, y d) *Coelomycetes* del género *Phomopsis* responsable del secado de ramas en el género *Prunus* (almendro, melocotonero y albaricoquero). El control de estos hongos es complicado y se basa en tratamientos indirectos y directos. Los primeros consisten en mantener los árboles con un buen vigor y en cultivar las plantas en las mejores condiciones posibles, esto es: a) desinfestando los suelos antes de la plantación; b) rodeando los troncos con un caballón que evite su contacto directo con el agua, cuando el riego sea por inundación; c) separando los goteros del tronco para evitar una excesiva humedad en el mismo, cuando el riego sea localizado; d) evitando lesiones en la base del tronco, producidas por aperos; e) trabajando la tierra para evitar suelos compactos; f) reduciendo las dosis de abonado nitrogenado; g) evitando el contacto directo con los troncos de la materia orgánica que se aporte, y h) eliminando, en algunos casos (moniliosis) las ramas afectadas y quemándolas. Los segundos se basan en la aplicación de fungicidas; se utiliza oxiclورو de Cu, ditiocarbamatos y derivados ftalimídicos a la caída de hojas. En el castaño se utilizan cepas hipovirulentas y material vegetal resistente para combatir la *Cryphonectria parasitica*.

Además de los hongos citados, existen en fruticultura otras micosis aéreas, pertenecientes a órdenes distintos, que producen daños muy variados, como pudriciones, necrosis y agallas o deformaciones. De entre éstas cabe destacar las producidas por los hongos *Venturia inaequalis*, *V. Pyrina* y *Spilocaea pyracanthae*, responsables del moteado de manzanos, perales y níspero, respectivamente, por el hongo *Monilia* spp., responsable de la moniliosis de los frutales de hueso y la podredumbre parda de los frutos de pepita, y por *Taphrina deformans*, que produce la abolladura del melocotonero. Las negrilla y fumaginas, como *Capnodium* spp., aunque producen daños a los cultivos por sus recubrimientos foliares, no son propiamente patógenos sino invasores secundarios de órganos atacados por plagas u otros agentes fitófagos. La aplicación de fungicidas de contacto, como los señalados para otras enfermedades, impiden o reducen la capacidad de germinación de las esporas de estas micosis, limitando así los daños.

Durante la conservación postcosecha de los frutos, el número de patógenos que limitan su vida es muy elevado. A pesar de la tecnología de que se dispone, las pérdidas por ello son enormes, alcanzando en España hasta el 10% para manzanas y

peras, 3%-4% para cítricos y un 5%-10% para frutos de hueso. El estudio de los hongos implicados en las **micosis de productos cosechados**, su importancia y control puede consultarse en el capítulo 9.

Los árboles frutales también pueden ser atacados por **nematodos**, animales de organización muy sencilla, ampliamente difundidos por el medio, de forma y tamaño (1-3 mm) variables. Los fitoparásitos poseen un estilete y una musculatura que les permite ser retráctiles y poder introducirse en la raíz para alimentarse. Se clasifican en dos grupos: ectoparásitos, que se alimentan de los pelos radiculares, y endoparásitos. Sus daños se resumen en un debilitamiento general del árbol que reduce su producción y la calidad de sus frutos; también se ha demostrado su acción transmisora de virosis. Su control se lleva a cabo con nematicidas que se aplican periódicamente al suelo; entre ellos se encuentran los fumigantes y los compuestos no volátiles. Los primeros son compuestos volátiles entre los que se encuentran D-D y 1-3-D; los segundos incluyen sustancias organofosforadas, como etoprofos y fenmifos, y carbamatos, como aldicarb, carbofurano y oxamilo, granulados. Algunos hongos y microartrópodos se han mostrado eficaces como enemigos naturales de los nematodos.

Finalmente, la existencia de **bacterias** y **virus** patógenos representa un serio problema para los árboles frutales. Su ataque altera el desarrollo vegetativo, reduce la producción y la calidad de los frutos, provoca daños irreparables en hojas, ramas y frutos, destruye tejidos, interrumpe el transporte floemático, y puede llegar a provocar el colapso y la muerte del árbol. Su transmisión puede ser espontánea, dependiente de las condiciones climáticas, mecánica, a través de vectores, y, sobre todo en el caso de los virus, mediante el injerto. Actualmente no existe un control eficaz de estas enfermedades, recomendándose cortar las partes afectadas para su quema y desinfectar los utensilios de poda y corte. Pero aprovechando el elevado grado de especificidad que, en general, presentan por los hospedadores, es posible prevenir su presencia o, al menos, sus efectos, cultivando variedades y/o utilizando portainjertos tolerantes o resistentes a sus ataques.

9. Otras prácticas culturales

El viento está reconocido como el factor abiótico más importante en la aparición de heridas y alteraciones de los frutos, con la consiguiente reducción de su calidad comercial. Para proteger a las plantaciones del viento, se emplean **cortavientos** naturales, formados por filas de árboles, frecuentemente cipreses y casuarinas, plantadas en dirección opuesta a la de los vientos dominantes en la región. En estos casos debe tenerse en cuenta que los árboles del cortavientos compiten con los frutales en cultivo por nutrientes, agua y luz, pudiendo reducir su desarrollo. El empleo de cortavientos artificiales no se ha extendido por su elevado coste de instalación y mantenimiento.

Como ya se indicó en el Capítulo 7, la **reducción** de la competencia entre frutos puede aprovecharse para mejorar su tamaño final. El **aclareo manual de frutos** es empleado en fruticultura en especies con deficiencias en su tamaño final y en variedades cuya exigencia comercial así lo recomienda. En melocotoneros y nectarinas se elimina alrededor del 60% de los frutos inicialmente formados, dejando entre 2 y 5 frutos por ramo mixto, según la longitud de éste. En el níspero, se elimina parte de la panícula en plena floración y/o se aclaran los frutos cuajados dejando entre 3 y 5 por panícula. En otras especies de frutales de hueso también se practica con cierta frecuencia.

El **aclareo químico de frutos** es de difícil aplicación y apenas se utiliza en la práctica. Sin embargo, la inhibición de la floración mediante la aplicación de ácido giberélico (50 mg l^{-1}) al final de la primavera reduce el número de flores que se forman al año siguiente (Foto 11.6) y reduce, de este modo, hasta un 50% los costes de aclareo manual de frutos en melocotoneros y nectarinas (Southwick *et al.*, 1995) y ciruelos (González-Rossia *et al.*, 2003). Como la floración se produce entonces en la parte terminal de los brotes, la poda cuando se aplican estos tratamientos debe dejar un número suficiente de ramos mixtos sin tocar para asegurar la cosecha. En el níspero, la aplicación de ácido naftalenacético (20 mg l^{-1}) cuando son visibles 2 frutos recién cuajados por panícula, evita el desarrollo de las flores todavía no



Foto 11.6. En el melocotonero (y en el ciruelo), la aplicación de ácido giberélico durante la época de inducción floral reduce el número de flores (A) en relación a los árboles sin tratar (B), disminuyendo con ello el número de frutos que inician el desarrollo y, por tanto, los costes de aclareo. En el níspero, la aplicación de ácido naftalenacético impide el cuajado de la flor y si se aplica cuando son visibles 2 frutos por panícula reduce notablemente el número de frutos (C) en relación con los árboles sin tratar (D), con el consiguiente ahorro en los costes de aclareo.

fecundadas y, por tanto, el número final de frutos formados se reduce drásticamente (Foto 11.6), disminuyendo así los costes de aclareo manual de frutos (Agustí *et al.*, 2000). La experiencia en estas técnicas en otras especies frutales es escasa.

Para salvar árboles cuyo sistema radicular o el patrón se hallen fuertemente afectados por enfermedades fúngicas, se injertan plantones, localizados bien próximos, directamente sobre la variedad, a una altura de 40-50 cm. Así se logra la **sustitución del tronco** viejo por 4-6 nuevos troncos, de menor entidad inicial, correspondientes a los plantones injertados. La utilización de **injertos puente**, por arriba y abajo de una zona dañada o infestada, y el injerto de raíces, con tallos de 10-15 cm de longitud, son técnicas utilizadas para salvar algunos árboles de especial interés; en la práctica agrícola ninguna de ellas se practica.

El **arqueado de ramas** jóvenes, atándolas a otras ramas de mayor edad, al suelo, e inclusive a piedras o ladrillos para que venzan su peso, se utiliza en algunas parcelas de los minifundios para favorecer la entrada en producción de plantones o provocar la fructificación de algunas variedades.

10. Referencias bibliográficas

- Agustí, M.; Andreu, I.; Juan, M.; Almela, V. y Zacarías, L. 1998. «Effects of ringing branches on fruit size and maturity of peach and nectarine cultivars». *J. Hort. Sci. & Biotechnol.*, 73:537-540.
- Agustí, M.; Juan, M.; Almela, V. y Gariglio, N. 2000. «Loquat fruit size is increased through the thinning effect of naphtheleneacetic acid». *Plant Growth Regul.*, 31:167-171.
- Castel, J.R.; Bautista, I.; Ramos, C. y Cruz, G. 1987. «Evapotranspiration and irrigation efficiency of mature orange orchards in Valencia (Spain)». *Irrig. Drain. Syst.*, 3:205-217.
- Coque, M. y Díaz, M.B. 1996. *Poda de frutales y técnicas de propagación y plantación*. MAPA y Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Durán-Vila, N. y Moreno, P. (Eds.) 2000. *Enfermedades de los cítricos*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- FAO. 1977. *Las necesidades de agua de los cultivos*. Bol. n.º 24, Roma, Italia
- García-Marí, F.; Costa, J. y Ferragut, F. 1994. *Plagas agrícolas*. Agropubli, S.L. (Phytoma-España), Valencia, España.
- Gil-Albert, F. 1992. *Tratado de arboricultura frutal*. Vol. III. *Técnicas de plantación de especies frutales*. MAPA y Mundi-Prensa, Madrid, España
- Gil-Albert, F. 1995. *Tratado de arboricultura frutal*. Vol. IV. *Técnicas de mantenimiento del suelo en plantación frutales*. MAPA y Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Gil-Albert, F. 1997. *Tratado de arboricultura frutal*. Vol. V. *Poda de frutales*. MAPA y Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Gómez de Barreda, D. 1994. *Sistema de manejo del suelo en Citricultura*. Generalitat Valenciana, Serie Div. Téc., n.º 26, 386 págs.
- González-Rossia, D.; Juan, M.; Almela, V.; Mesejo, C.; Martínez-Fuentes, A.; Gariglio, N. y Agustí, M. 2003. «Inhibición de la floración del ciruelo japonés mediante la aplicación de ácido giberélico». *Actas de Horticultura*, 39:299-300
- Llácer, G.; López, M.M.; Trapero, A. y Bello, A. (Eds.). 1996. *Patología Vegetal*. Tomo II. Sociedad Española de Fitopatología, Valencia, España.

- Mataix, E. y Villarrubia, D. 1999. *Poda de frutales. 1.º. La poda del ciruelo (Prunus salicina Lindl)*. Generalitat Valenciana, Serie Div. Téc., n.º 45, 103 págs.
- Montesinos, E.; Melgarejo, P.; Cambra, M.A. y Pinochet, J. (Eds.). 2000. *Enfermedades de los frutales de pepita y de hueso*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Ogawa, J.M.; Zehr, E.I.; Bird, G.W.; Ritchie, D.F.; Urdu, K. y Uyemoto, J.K. (Eds.) 2000. *Plagas y enfermedades de los frutales de hueso*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Southwick, S.M.; Weis, K.G.; Yeager, J.T. y Zhou, H. 1995. «Controlling cropping in 'Loadel' cling peach using gibberelin: effects on flower density, fruit distribution, fruit firmness, fruit thinning and yield». *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 120:1087-1095.

CAPITULO 12

FRUTALES DE PEPITA

1. Introducción

Los frutales de pepita pertenecen al orden *Rosales*, familia *Rosaceae*, subfamilia *Maloideae* o *Pomoideae*. En ella se distinguen diversos géneros, siendo los más cultivados el género *Pyrus* y el género *Malus*. Al primero pertenece el peral, *Pyrus communis* L., y al segundo el manzano, *Malus sylvestris* Mill.

Según datos de FAOSTAT de 2002, en el mundo se producen más de 64×10^6 t anuales de peras y manzanas, siendo China ($29,5 \times 10^6$ t) la primera productora, seguida de EE.UU. ($4,8 \times 10^6$ t), Italia ($3,2 \times 10^6$ t), Turquía ($2,9 \times 10^6$ t) y Francia ($2,8 \times 10^6$ t). España, que produce $1,7 \times 10^6$ t anuales, es deficitaria en frutos de pepita e importa anualmente cerca de 30.000 t de peras y más de 170.000 t de manzanas de alta calidad.

Rebour (1971), Alvarez-Requejo (1988) y Lalatta (1986) han revisado el cultivo de estas especies.

2. El peral

En España se destinan unas 40.000 ha al cultivo de peras, con una producción de 745.000 t/año que se destinan en un 90% al consumo en fresco, exportándose un 6% de la producción. Cataluña produce más del 40% del total nacional (300.000 t), seguida de Aragón, con un 15% (110.000 t).

El peral es un árbol de porte erguido, tendente a la verticalidad, de madera marrón-rojiza, ligeramente brillante, recubierta de una sustancia grisácea. Hojas caducas, ovaladas o elípticas, suavemente aserradas, brillantes, finas y de color

verde claro (Foto 12.1). Flores blancas pentámeras, con numerosos estambres, ovario ínfero, hermafroditas, localizadas en estructuras especiales (bolsas; ver Capítulo 2), aunque también pueden encontrarse brotes con yemas terminales de flor (lamburdas y brindillas coronadas), y con 5 carpelos provistos, cada uno, de dos óvulos. El fruto es un pomo, de forma variable entre alargada y redondeada, de color verde a amarillo o rosa, rara vez rojo, de pulpa blanca, jugosa, con núcleos de células pétreas que le dan una textura característica, aromática y de sabor agradable. Semillas pequeñas, de cubiertas marrón oscuro, brillantes.



Foto 12.1. Hojas de peral.

2.1. Clasificación agronómica

Las variedades de peral se clasifican en tres grupos, de acuerdo con su época de recolección y consumo. 1) *Variedades de verano*. Se recolectan en dicha estación y son consumidas inmediatamente ya que, salvo excepciones (como la variedad 'Blanquilla'), poseen escasas cualidades para su conservación en frío (2-10 semanas), que sólo se utiliza como estrategia comercial; el punto de referencia es la variedad 'William's', considerándose en este grupo aquellas que se recolectan con anterioridad a ella. 2) *Variedades de otoño-invierno*. Se recolectan a mediados de verano-principios de otoño, pero su consumo se prolonga hasta 3-8 meses, según su aptitud a la conservación en frío. Los frutos de algunas de estas variedades no maduran bien en el árbol, y hay que recolectarlas en un estado adecuado del desarrollo para exaltar sus cualidades; su permanencia en el árbol las vuelve harinosas,

de sabor fuerte y poco agradable y pueden llegar a desprenderse del árbol; otras precisan un periodo de bajas temperaturas para madurar adecuadamente, por lo que la época de recolección resulta imprecisa.

Las características más importantes de las variedades cultivadas en España, ordenadas por época de maduración, son las siguientes:

Variedades de verano

- *Castell*. Arbol poco vigoroso, de lenta entrada en producción y poco exigente en frío invernal (<650 HF). Fruto de tamaño pequeño y de buena calidad gustativa, caracterizada por su elevado contenido en aromas. Es sensible a la descomposición interna y al manipulado y presenta mala conservación. Su mejor valor es la época de recolección, entre mediados y finales de junio, por lo que se recomienda su cultivo en zonas muy precoces.

- *Mantecosa Precoz Morettini*. Arbol vigoroso, productivo y poco exigente en HF. Fruto de buen tamaño y buena calidad, pero escasa resistencia y capacidad de conservación. Madura a mediados de julio.

- *Ercolini*. Arbol de vigor medio a alto, de compatibilidad media con patrones de membrillero, no suele utilizarse intermediario si éstos son certificados. Sensible a las heladas primaverales y a las lluvias en floración, de rápida entrada en producción, y poco exigente en frío. Exige la presencia de buenos polinizadores de floración precoz ('Blanquilla', 'Castell'), ya que su respuesta a las aplicaciones de AG son erráticas. Fruto de tamaño medio pero de gran calidad gustativa y comercial (Foto 12.2A) y de buen comportamiento en conservación en frío. Representa el 17% de la superficie total de perales españoles. Madura entre mediados y finales de julio.

- *Limonera* o *Dr. Jules Guyot*. Arbol vigoroso, productivo y exigente en frío (>800 HF). Presenta una alta capacidad partenocárpica, pero se aconseja la utilización de polinizadores ('Conference', 'William's',...) para obtener frutos de calidad. Fruto de tamaño grande, con puntos verdes sobre la piel, que la caracterizan, pulpa de textura granulosa, típica de la variedad, y de calidad organoléptica media. Representa el 20% de la superficie nacional destinada al cultivo del peral, aunque su cultivo está en regresión en todas las zonas productoras. Madura entre mediados de julio y principios de agosto.

- *Blanquilla* o *Agua de Aranjuez*. Arbol muy vigoroso, de floración precoz, sensible a las heladas primaverales, productivo y poco exigente en frío. Se recomienda utilizar membrilleros de vigor medio o bajo como patrón y el uso de polinizadores ('Ercolini') para obtener frutos de calidad. Es la variedad más importante en España, con unas 13.000 ha en cultivo, lo que representa el 30% del total. Fruto muy apreciado comercialmente, de muy buena conservación en frío (hasta 4 meses), de tamaño medio, piel de color verde claro, manchada de rojo en la madurez, y pulpa muy jugosa y de muy buen sabor (Foto 12.2B). Madura a mediados de agosto.

• *William's*. Árbol de buen vigor, productivo y exigente en frío. Dada su baja compatibilidad con el membrillero, se aconseja utilizar un intermediario entre ella y aquél o injertarla sobre patrón franco, sobre todo cuando los suelos son de escasa calidad. Presenta una elevada capacidad partenocárpica, pero produce frutos muy alargados fusiformes o cilíndricos, por lo que se recomienda el uso de polinizadores ('Limonera', 'Conference', 'Passe Crassane'...). En España apenas se cultivan unas 4.000 ha pero, sin embargo, es la variedad más cultivada en el mundo por su idoneidad para la industria conservera. Fruto de tamaño grande, buena presencia comercial (Foto 12.2C) y buenas cualidades de conservación (hasta 3 meses), pudiéndose mantener en atmósfera controlada hasta febrero. Madura a finales de agosto.

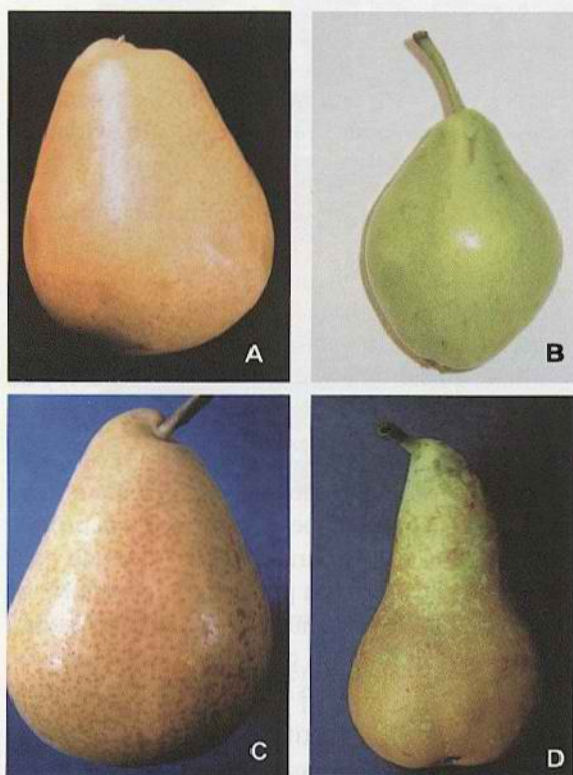


Foto 12.2. Frutos de peral cvs. 'Ercolini' (A), 'Blanquilla' (B), 'William's' (C) y 'Conference' (D).

Variedades de otoño-invierno

• *Max Red Bartlett*. Mutación de 'William's', ligeramente inestable. De características similares a ésta, y de maduración ligeramente más tardía. Fruto de tamaño grande, alargado, de buena calidad, alto contenido aromático y de piel rojiza.

- *Conference*. Arbol de vigor medio, de porte erguido que con la edad tiende a abrir, de rápida entrada en producción, productivo, de compatibilidad media con el membrillero, con elevada capacidad partenocárpica y buena respuesta a las aplicaciones de AG, aunque se recomienda el uso de polinizadores ('Limonera', 'William's', 'Max Red Bartlett', 'Passe Crassane'...) para mejorar la calidad del fruto, y medianamente exigente en frío (650-800 HF). Puede cultivarse directamente sobre membrillero en el caso de selecciones de vigor medio (EM-A, BA-29) para lo cual debe utilizarse planta certificada y por tanto libre de virus. Fruto grande, alargado, de color verde con manchas de *russeting* coriáceas muy características (Foto 12.2D) y de buena conservación (hasta febrero en frío y abril en atmósfera controlada). Su producción en España se ha incrementado espectacularmente en la última década cultivándose en la actualidad cerca de 9.000 ha, de las cuales mas de 5.000 se encuentran en Cataluña donde es la variedad mas importante. Madura a finales de septiembre.

- *Passe Crassane*. Arbol de vigor medio, de rápida entrada en producción, muy productivo, de difícil adaptación a climas secos y cálidos, y medianamente exigente en frío invernal. Fruto de tamaño mediano a grande, redondeado, con pedúnculo corto que lo sensibiliza a la abscisión en áreas ventosas. Piel de color verde-marrón característico. Pulpa jugosa y de buen sabor. Soporta bien la frigo-conservación, comercializándose hasta el mes de mayo. Madura a mediados de octubre.

2.2. Adaptación ecológica

El peral es una especie de regiones templadas, con una adaptación óptima a altitudes entre 600 y 1.000 m, donde adquiere el frío invernal que precisa para su correcta producción. Es poco sensible a los calores estivales elevados y exigente en agua, por lo que en secano sólo puede cultivarse con pluviometrías superiores a los 600 mm anuales, de lo contrario deben suministrársele riegos tanto mayores en número cuanto más tardía sea la variedad.

No es demasiado exigente en el tipo de suelo, vegeta bien en suelos entre 50 y 80 cm de profundidad, ya que sus raíces son superficiales. Sobre patrón franco tolera relativamente bien valores de caliza activa superiores al 8-10%, pero cuando se cultiva sobre membrillero presenta síntomas de clorosis férrica para valores superiores al 7-8%.

2.3. Nutrición. Fertilización

Las extracciones de elementos minerales de los perales por t de cosecha son, en general, de 1,25 kg de N, 0,3 kg de P y 1,9 kg de K. De acuerdo con ello, se recomienda como **abonado de restitución**, incorporar al suelo, para árboles en plena producción y con un marco de plantación de 4 × 2 m, 80-100 UF/ha y año de N, 60-

80 UF/ha y año de P (P_2O_5) y 120 UF/ha y año de K (K_2O) en el caso de patrón membrillero; en el caso de patrón franco estas dosis pueden reducirse en un 35%.

La fertilización nitrogenada debe aplicarse en un 40% a finales de febrero-principios de marzo y, en todo caso, antes de la aparición de las formaciones fructíferas, un 35% mes y medio antes de la recolección y el resto (25%) después de ésta. La fertilización fosfórica y potásica se aconseja realizarla junto con la primera de N. Con la generalización del riego localizado los aportes de nutrientes se realizan mediante la fertirrigación y fraccionándolos a lo largo del periodo vegetativo, principalmente de Febrero a Junio.

Se recomienda, asimismo, incorporar cada 2 años 15.000-20.000 kg/ha de estiércol, complementados en los suelos muy calizos con 500 kg/ha de sulfato de hierro.

2.4. Plagas

De entre los insectos perjudiciales para el peral destacan la psila, y algunos pulgones, lepidópteros e himenópteros. Los ácaros producen, asimismo, daños importantes (García-Marí *et al.*, 1994).

Las *Cacopsylla pyri* L. pertenecen al suborden **homópteros**; las picaduras de sus ninfas provocan un debilitamiento general del árbol atacado y, en los casos más virulentos, se han observado deformaciones de los órganos afectados y hasta una caída prematura de hojas. Sus ninfas segregan una melaza sobre las hojas que constituye un lecho muy apropiado para el hongo negrilla, lo que conjuntamente perturba la fotosíntesis; además, aquellas se sitúan casi sumergidas en ella, lo que dificulta su control. En los frutos, reduce su calidad comercial (Foto 12.3).



Foto 12.3. Síntomas de ataque de *Cacopsylla pyri* L. sobre hojas y frutos de peral.

El **áfido** más importante es *Dysaphis pyri* Pass., que frena el desarrollo de los brotes en verano, enrolla y deforma las hojas y detiene o altera la formación del

fruto, inutilizándolo para su comercialización; también da lugar a daños indirectos por la melaza que segrega.

Entre los **lepidópteros**, deben destacarse, *a)* *Cossus cossus* L., cuyas larvas escavan galerías en brotes jóvenes primero y en madera más vieja, posteriormente, atacando finalmente al cuello del árbol al que pueden destruir, sobre todo en plantaciones jóvenes; *b)* la carpocapsa, o *Cydia pomonella* L., cuyas larvas también excavan galerías, pero en este caso en el fruto, al que dañan superficialmente, depreciándolo comercialmente, o penetrando en él hasta alcanzar la semilla y provocando la caída, en algunos casos total, de frutos; y *c)* *Cacoecimorpha pronubana* Hb., cuyas larvas atacan a brotes, hojas y frutos, provocando lesiones en la piel de éstos y deformándolos.

De entre los **himenópteros**, cabe citar: *a)* el gusano de los brotes del peral, *Janus compressus*, cuyo adulto, con su ovipositor, ataca a los brotes jóvenes, produciendo pequeñas heridas que cicatrizan y lo ennegrecen hasta secarlo; la finalidad es proteger el posterior desarrollo de las larvas; esta plaga es muy importante en viveros y en plantaciones jóvenes; *b)* *Hoplocampa brevis*, que ataca a los ovarios de la flor; sus larvas lo destruyen, provocando la caída en la mayoría de los casos.

Los **ácaros** más importantes que atacan a los perales son: *a)* *Epitrimerus pyri* Nal., también conocido como ácaro blanco o ácaro del *russeting* del peral; ataca a hojas y frutos, produciendo sobre estos últimos, cuando son jóvenes, un pardeado y endurecimiento de la piel (*russeting*) en la zona estilar que puede alcanzar a toda su superficie, depreciándolo seriamente; sobre las hojas produce pequeñas pústulas (también llamado por eso ácaro de las agallas del peral) que pueden reducir su función, y sobre las yemas produce daños que pueden acabar desecándolas; *b)* *Panonychus ulmi* Koch decolora las hojas, que adquieren un aspecto plomizo y, finalmente, marrón, interfiriendo en su función y reduciendo la floración y, por tanto, la cosecha siguientes.

2.5. Enfermedades

Las **enfermedades criptogámicas** más importantes del peral (Montesinos *et al.*, 2000) son: *a)* *Moteado*, producida por el hongo *Venturia pirina* Aderh. Los síntomas se presentan en hojas, en cuyo envés aparecen unas manchas verde-violáceas, oscuras y pulverulentas, que las deforman y provocan su abscisión, y en frutos, sobre los que producen puntaduras que van aumentando en número y superficie, se tornan pulverulentas y dan lugar a grietas y fisuras en el tejido subyacente; los ataques precoces ocasionan la abscisión de frutos y los tardíos su pudrición; *b)* *Roya*, ocasionada por *Gymnosporangium clavariiforme* Jacq. y *G. sabinae* (Dicks) Wint.; estos hongos atacan a frutos jóvenes, pedúnculos, ramitas y, sobre todo, a las hojas, en cuyo envés origina unas manchas ovales ($\varnothing \approx 1$ cm) que se corresponden con áreas rojizas en el haz; en el centro de éstas últimas se diferencian, con el tiempo, pequeñas puntaduras oscuras (picnidios); *c)* *Septoriosis*,

originada por el hongo *Septoria piricola* Desm. y caracterizada por la formación de manchas pequeñas sobre las hojas, primero marrones y más tarde grisáceas, rodeadas por un margen rojizo, violáceo y oscuro, y en cuyo centro aparecen, finalmente, pequeños puntos negros, que son las fructificaciones reproductoras; d) *Necrosis*, enfermedad debida al hongo *Phoma pomorum* Thüm, y caracterizada por la aparición, en el haz de las hojas, de unas manchas secas, ovales, sin ángulos bien definidos, variables en número, según la intensidad del ataque, y que pueden llegar a confluir varias de ellas desecando la casi totalidad de la superficie foliar; e) *Antracnosis*, producida por el hongo *Sphaceloma pirinum* (Pegl) Jenkins, muy frecuente en las plantaciones de peral costeras y con suelos húmedos; afecta sobre todo a las hojas en cuyo haz origina manchas, de tamaño variable, de color violáceo oscuro, al principio, y posteriormente grisáceo, con fructificaciones puntuales en el centro de color marrón, y rodeadas por un margen negruzco; en los ataques graves, las manchas confluyen y pueden llegar a producir amplias zonas necrosadas y secas y f) *Phytophthora cactorum* y *Armillaria mellea* (Vahl ex Fr.) P. Karst, aunque peligrosas, no presentan problemas graves en el peral por la buena tolerancia, en general, de los patrones utilizados.

La **virosis** más importante es el *amarillamiento de las nerviaciones* (*vein yellows*). Se inicia con un amarillamiento de las nerviaduras terciarias, para pasar a las secundarias y, finalmente, a las primarias, que se ve acompañado de un moteado rojo sobre la superficie foliar, más o menos intenso según el año y la variedad. En ocasiones también se presentan síntomas en los frutos, a los que pueden deformar, y en las yemas, que pueden caer. El *mosaico anular* (*ring pattern mosaic*) produce anillos cloróticos sobre las hojas y, en algunas variedades, anillos rugosos sobre la piel de los frutos que no afecta a la pulpa. El *decaimiento del peral* (*pear decline*), que origina un decaimiento progresivo del árbol con abscisión prematura de hojas, floraciones abundantes y un reducido cuajado, se presenta cuando se utiliza el patrón franco. Los *chancros del peral* (*pear canker*) constituyen un grupo de enfermedades de escasa incidencia, que afectan a yemas y ramas a las que pueden llegar a producir su muerte.

El *desecamiento bacteriano* y los *tumores en el cuello y raíces* son las dos **bacteriosis** más importantes que afectan al peral en España. El agente patógeno de la primera es la bacteria *Pseudomonas syringae*, y se caracteriza por la aparición, en invierno, de chancros y zonas necrosadas en la corteza de las ramas, necrosis en primavera de yemas de flor en brindillas coronadas, dardos y lamburdas, que puede afectar al 80% de las yemas, y finalmente manchas necróticas, marrones, firmes y ligeramente hundidas, en hojas y frutos; las humedades relativas muy altas, lluvias, viento y temperaturas suaves, facilitan su dispersión. Los tumores en el cuello y raíces son producidos por *Agrobacterium tumefaciens*. Los daños que produce son de dos tipos: formación de tumores en forma de verruga, en cuello y raíces, y aglomeraciones de masas de raíces, finas y fibrosas, en determinadas zonas de las raíces principales y del cuello. Los tumores son, inicialmente, blandos, de color blan-

co pálido, pero con el tiempo se vuelven oscuros, duros y leñosos, adquiriendo tamaños de hasta 15 cm de diámetro. Los árboles infestados tienen un crecimiento restringido, una cosecha reducida y algunos pueden morir. La penetración de la bacteria tiene lugar a través de heridas, por lo que los primeros años de vida de una plantación son muy importantes, dada la proliferación de heridas producidas en las raíces por el arranque en el vivero. La utilización en éstos de tierras y/o sustratos no contaminados, la no reutilización de terrenos y la destrucción de todos los plántones o barbados con síntomas, es de gran importancia para prevenirla. Las heridas producidas en el momento del injerto son, también, focos de infección, por lo que se recomienda protegerlas bien con una buena ligadura plástica. El *fuego bacteriano*, una enfermedad producida por la bacteria *Erwinia amylovora*, provoca daños sobre brotes jóvenes, que pierden rigidez y decaen, hojas y flores, que adquieren un aspecto seco y negro, como quemado. En los frutos, las partes afectadas toman, inicialmente, un aspecto húmedo que se va oscureciendo, quedándose momificados sobre el árbol y presentando, a veces, exudados y filamentos bacterianos sobre su superficie. Esta enfermedad apenas existe en España, aunque ya ha sido detectada en algunas plantaciones, pero está presente en la mayor parte de los países del centro y norte de Europa, donde causa estragos.

2.6. Patrones

Los patrones utilizados en el cultivo del peral son los francos y los membrilleros, de los que Felipe (1989) ha revisado sus características. Los primeros son árboles de la especie *Pyrus communis* L.; la principal fuente de semillas para su obtención son las industrias productoras de derivados de estos frutos. La autoincompatibilidad que, en general, poseen los perales obliga a utilizar polinizadores, y como éstos son diferentes en las distintas plantaciones, la heterogeneidad de las plántulas obtenidas de sus semillas es muy elevada, lo que dificulta su producción. Estos patrones pueden cultivarse en suelos con pH entre 8 y 8,5 y caliza activa hasta el 12%.

Con el fin de mantener las ventajas que presentan estos portainjertos y eludir la mayor cantidad posible de inconvenientes, se ha llevado a cabo una selección clonal que ha dado como resultado la obtención de algunos patrones de interés, entre los cuales los más experimentados corresponden a la serie *OH* × *F*. Esta procede del cruzamiento entre las variedades 'Old Home' y 'Farmingdale', cuyos clones mejoran al patrón franco de *P. communis* en su resistencia al decaimiento del peral y al fuego bacteriano; su clon *OH* × *F-51* es enanizante e induce buena productividad. A pesar de ello, las características conferidas, tanto de vigor como de la calidad del fruto, son más próximas al franco que a los membrilleros (Iglesias, 2003), por lo que su interés, hasta el momento, ha sido limitado. Selecciones de esta y de otras series están en curso de experimentación para comprobar su comportamiento agronómico en diferentes condiciones ecológicas.

El membrillero, *Cydonia vulgaris* Pers., se utiliza como patrón del peral al menos desde el siglo XIV, del que se tienen las citas más antiguas. Actualmente se utiliza en el 85% de las plantaciones españolas. Los más utilizados son los *membrilleros de Angers*, de hojas verde amarillento, de fácil propagación vegetativa y aspecto de matorral, y los *membrilleros de Provenza*, de hojas de color verde oscuro, de propagación vegetativa un poco más dificultosa, y de porte más erguido que los de Angers. De entre los primeros se dispone de los clones seleccionados en East Malling, *EM-A* y *EM-C*, este último enanizante, pero de anclaje débil y sensible a la clorosis férrica; de entre los segundos, se emplea, en Francia, el *BA-29*. Otras selecciones de Angers de vigor similar al *EM-A* y que están siendo utilizadas como patrón son *Sydo* y *Adams*, procedentes de Francia y Bélgica, respectivamente. El membrillero, como patrón, requiere suelos con pH entre 6,5 y 7,5, contenido en caliza activa inferior al 7% y es sensible a la salinidad. Nuevas selecciones, tanto de membrillero como de francos clonados, están en fase de evaluación en diferentes centros experimentales.

En la tabla 12.1 se resumen las características más importantes de todos ellos en relación a su adaptación al medio.

TABLA 12.1

Comportamiento de los patrones de peral frente a las condiciones del medio

	Resistencia a bajas t^{ss}	Adaptación a suelos	Sequía	Asfixia radicular	Caliza activa
Peral franco	R	B	Rm	Rm	R
Membrillero EM-A	S	m	S	R	S
Membrillero EM-C	S	m	S	R	S
Membrillero BA-29	S	B	Rm	R	Rm

m: Media; B: Buena; R: Resistente; Rm: Resistencia media; S: Sensible.

En las tablas 12.2 y 12.3, se resumen el comportamiento de estos patrones frente a enfermedades y sus características agronómicas más importantes.

TABLA 12.2

Comportamiento de los principales patrones de peral frente a enfermedades

	<i>Agrobact.</i>	<i>Phytoph.</i>	<i>Armilaria</i>	Fuego bacteriano	<i>Pseudomonas</i>
Peral franco	S	Rm	R	S	S
Membrillero EM-A	R	R	Rm	Rm	—
Membrillero EM-C	R	R	—	Rm	—
Membrillero BA-29	R	R	Rm	Rm	—

R: Resistente; Rm: Resistencia media; S: Sensible.

TABLA 12.3

Características agronómicas más importantes de los patrones de peral

	Compatibil.**	Vigor	Productividad	Entrada producción	Calidad
Peral franco	B	B	m	L	m
Membrillero EM-A	m	m	B	R	B
Membrillero EM-C	m	En*	B	R	B
Membrillero BA-29	B-m	m	B	R	B

B: Bueno(a); m: mediano(a); L: Lenta; R: Rápida; En*: enanizante; **: dependiente también de la variedad.

2.7. Técnicas de cultivo

La densidad de plantación en el peral varía en función del vigor de la combinación variedad/patrón. En general, las de gran desarrollo se plantan a razón de 200 pies/ha, las de vigor medio a 400 pies/ha y las de vigor medio o escaso entre 1.000 y 1.500 pies/ha, e incluso hasta 3.000 pies/ha con una adecuada poda de formación y conducción.

El crecimiento erecto y libre propio de los perales, permite la adopción de diferentes **formas** de eje central, doble y triple eje o Ypsilon, además de la forma en palmeta, de lenta entrada en producción. En las plantaciones de alta densidad, no muy frecuentes en nuestro país pero sí en el norte de Europa, se aconseja una formación en cordón vertical, al marco de $2,5 \times 0,75$ m, utilizando retardadores del crecimiento durante los 2-3 primeros años para acelerar la formación del cordón y su entrada en producción. En aquellas variedades que fructifican en madera joven, se debe practicar una **poda** de renovación sistemática, mientras que en las que lo hacen en madera vieja se dejará envejecer las ramas varios años antes de renovarla; en todos los casos, y conforme vaya envejeciendo el árbol, se debe dejar un mayor número de lamburdas junto a la madera joven.

La utilización de **fitorreguladores** también se emplea en el peral para aumentar la producción y reducir los costes de cultivo. Con la aplicación de retardadores del desarrollo se ha conseguido reducir los costes de la poda y de la recolección, ya que pueden llevarse a cabo en mayor proporción desde el suelo. El CCC fue el más utilizado hasta el año 2000, cuando no se renovó su registro para su uso en la UE. Era muy eficaz y su costo reducido. Actualmente se dispone del paclobutrazol y de la prohexadiona de calcio, aunque su eficacia es en muchos casos inferior a la del CCC y pueden presentar respuestas erráticas, siendo el primero persistente en el suelo y el coste de ambos elevado.

Los perales, en general, presentan un elevado grado de autoincompatibilidad, aunque variable con los cultivares. A pesar de que no son raros los casos de partenocarpia o apogamia, para resolver este problema se recurre, normalmente, a la utilización de **polinizadores** adecuadamente distribuidos por la plantación. Como norma de prudencia, deben incluirse siempre varias variedades para asegurar una

polinización normal, y tener en cuenta la época de floración de cada una de ellas, con el fin de coordinar sus periodos de polinización efectiva. Además, cabe tener en consideración que las flores de peral son poco atractivas para las abejas por su menor contenido en néctar, por lo que deben colocarse mayor número de colmenas que en otras especies.

En ocasiones, sin embargo, las condiciones climáticas no permiten una polinización adecuada. En estos casos se recurre a la aplicación de ácido giberélico, a concentraciones de 4 a 10 mg/l durante la floración, lo que aumenta el **cuajado** de flores, especialmente en variedades partenocárpicas. La respuesta se ha mostrado general para muchas variedades, con independencia de su capacidad partenocárpica. Estos tratamientos deforman ligeramente el fruto, lo que puede dar lugar en algunos casos a dificultades de comercialización; el retraso en la aplicación, hasta el final de la caída de pétalos, reduce el porcentaje de frutos deformes y aumenta el número de semillas presentes.

3. El manzano

En España se cultivan unas 50.000 ha de manzano, con una producción cercana a las 990.000 t anuales, de las que el 75% se destinan al consumo en fresco, exportándose tan sólo un 2% de la producción total. Cataluña y Aragón son, también, las primeras productoras con 425.000 t (43%) y 175.000 t (18%), respectivamente.

El manzano es un árbol caducifolio de gran vigor, que alcanza los 10-12 m de altura, con un tronco y ramas principales de color grisáceo y de corteza agrietada, con lenticelas, y una copa redondeada y de ramificación abierta, con tendencia a la horizontalidad. Hojas simples, ovales, de bordes aserrados, de color verde oscuro en el haz y con el envés de color verde blanquecino y pubescente. Las características de flores y su localización son similares a las descritas para el peral, si bien los pétalos pueden estar manchados externamente de color púrpura. El fruto es un pomo, de color variable (rojo, amarillo, verde, ...) y forma entre esférica achatada y troncocónica; de pulpa blanca, jugosa, aromática y de sabor agradable. Semillas pequeñas, de cubiertas marrón oscuro y brillantes.

3.1. Clasificación agronómica

Las variedades de manzana se clasifican de acuerdo con el color de su epidermis, y dentro de ella por su precocidad y características de la coloración (intensidad y tipo de color: liso o estriado). En la tabla 12.4 se presenta dicha clasificación, indicando en cada caso las variedades más importantes de las cultivadas en España o, en su defecto, la variedad de referencia. Sus características más destacables se resumen a continuación. Una descripción detallada de las variedades más importantes puede consultarse en la obra de Iglesias *et al.* (2000).

TABLA 12.4
Clasificación comercial de manzanas

-
- Variedades de epidermis amarilla: Grupo Golden. *Golden Delicious*
 - Variedades de epidermis roja: Grupo Delicious: Tipos standard. *Early Red One*
Tipos spur. *Red Chief*
 - Variedades bicolors: Grupo Gala. *Royal Gala*
Grupo Jonagold. *Jonagold*
Grupo Elstar. *Elstar*
Grupo Fuji. *Fuji Nagafu 6*
Grupo Braeburn. *Braeburn*
Pink Lady
 - Variedades de epidermis verde: Grupo Granny Smith. *Granny Smith*
 - Variedades de epidermis bronceada: Grupo Reinetas. *Reina de Reinetas Gris*
-

• *Golden Delicious*. Híbrido natural de 'Golden Reineta' × 'Grimes Golden' originado en EE.UU. Actualmente representa más del 50% de la superficie de manzano en España, donde se cultivaban en el pasado la variedad estándar 'Golden Delicious' y diferentes clones libres de virus como COSEL[®]4032 (seleccionado en España) o Golden INFEL[®]972 (seleccionado en Francia). Arbol vigoroso y muy productivo, de amplia área de adaptación, pero sensible al oidio y moteado. Fruto de tamaño medio-grande, redondo ligeramente troncocónico, piel fina, de color amarillo dorado, cubierta de lenticelas grisáceas (Foto 12.4E); sensible al *russeting*, razón por la que se ha ido reemplazando por otras variedades menos susceptibles como 'Smoothie 2832T[®]', inicialmente, y mas recientemente por 'Reinders[®]' y 'Crielaard[®]'. Pulpa blanco-amarillenta, firme, fina, perfumada, jugosa y de sabor muy agradable. Sensible al manipulado, pero de buena conservación en frío y atmósfera controlada (4-6 meses) y en ULO (ultra bajo oxígeno: 1%-1,5% de O₂ y 1%-2% de CO₂) (8-9 meses). Madura a mediados de septiembre.

• *Early Red One[®]*. Mutación de 'Red King Delicious' obtenida en EE.UU. Arbol de vigor débil por tratarse de una variedad estándar, de rápida entrada en producción y productividad elevada, pero sensible a la caída de frutos. Fruto de tamaño adecuado, forma troncocónica y de color rojo intenso y uniforme por toda la superficie, incluso en climas calurosos; sensible a los golpes de sol. Buena conservación en frío (4-5 meses) y en ULO (8 meses). Madura a principios de septiembre.

• *Red Chief[®]*. Originada en EE.UU. por mutación gemaria del cv. 'Starkrimson'. Arbol del tipo *spur*, poco vigoroso, bien adaptado a zonas calurosas por su buena aptitud a la coloración, productivo, sensible a la caída de frutos y al chancro (ver apt. 3.5). Fruto de buen tamaño, de forma troncocónica con los 5 lóbulos bien definidos, de color rojo luminoso uniformemente distribuido y con pocas estrías (Foto 12.4D); sensible a los golpes de sol. Pulpa de calidad gustativa media-buena, poco aromática y bajo contenido en ácidos. Sus características de conservación son similares a las del cv. 'Early Red One'. Madura a principios de septiembre.

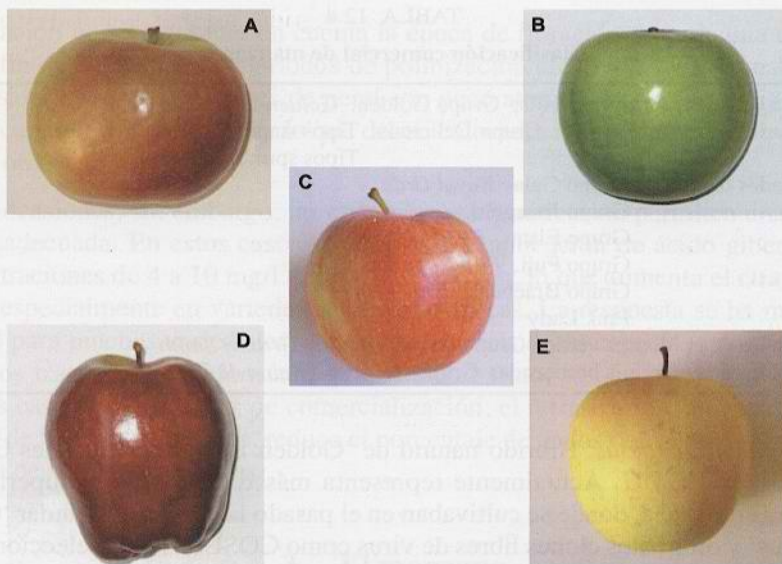


Foto 12.4. Frutos de manzano cvs. 'Fuji Nagafu 6' (A), 'Granny Smith' (B), 'Royal Gala'® (C), 'Red Chief'® (D) y 'Golden Delicious' (E).

- *Royal Gala*®. Mutación del cv. 'Gala' ('Kidds Orange' × 'Golden Delicious') originaria de Nueva Zelanda. El grupo Gala es, actualmente, el segundo en importancia productiva tanto en España (14% del total) como en la UE (11% del total). Arbol vigoroso y muy productivo. Fruto de buen tamaño, sensible al *cracking*, de color rojo, estriado (Foto 12.4C) en porcentaje variable según la posición del fruto en el árbol y las condiciones climáticas, razón por la que en zonas cálidas fue sustituida inicialmente por *Mondial Gala*®, posteriormente por *Galaxy*®, y más recientemente por clones de mejor coloración como *Brookfield Gala*® (estriada) *Delbard Gala*® y *Beaut Gala*® (semiestriadas), *Rosso Gala*® y *Buckeye Gala*® (lisas). Pulpa ligeramente aromática, crujiente, dulce, poco acidulada y de sabor excelente. Buena conservación en ULO (4-5 meses), aunque con ligera pérdida de aromas. Madura a mediados de agosto.

- *Jonagold*. Híbrido de 'Golden Delicious' × 'Jonathan' obtenido en EE.UU. Arbol de buen vigor, medianamente productivo, de difícil adaptación a climas calurosos en los que incluso los clones de mejor coloración han carecido de interés, por su sensibilidad a la caída prematura de frutos, a los golpes de sol y al oidio. Fruto de tamaño grande, de forma troncocónica, de color naranja rojizo, aunque en zonas cálidas llega a ser insuficiente, y con estrías poco aparentes. Pulpa de sabor muy agradable, ligeramente acidulado, y con un perfecto equilibrio azúcares/ácidos. Se conserva en buenas condiciones entre 4 (atmósfera controlada) y 8 meses (ULO). Madura a mediados de septiembre.

- *Elstar*. Híbrido de 'Golden Delicious' × 'Ingrid Marie' obtenido en Holanda. En España el cultivo de variedades de este grupo, al igual que las del grupo Jonagold, es escasa debido a su mala adaptación a climas calurosos que se traduce en una coloración deficiente, sensibilidad a golpes de sol y a la caída de frutos. Arbol muy vigoroso, productivo, pero mal adaptado a zonas calurosas. Fruto de buen tamaño, de forma troncocónica ligeramente aplanada, de color naranja rojizo estriado, sensible al *russeting* y al golpe de sol. Pulpa de muy buena calidad gustativa, sabor ligeramente ácido y buena relación entre azúcares y ácidos. Buena conservación (hasta 6 meses) en ULO. Madura a mediados de agosto.

- *Fuji Nagafu 6*. Selección de la variedad 'Fuji' ('Rall's Janet' × 'Red Delicious'), de origen japonés. El cultivo de este grupo de variedades ha aumentado notablemente en los últimos años, sobre todo en España. Al igual que en otros grupos la evolución varietal ha sido constante y dirigida a la disponibilidad de clones de mejor coloración, como 'Fuji Nagafu 6' y 'Kiku®8' (estriadas), 'Nagafu 12' (semiestriada) y 'Chofu 2' (lisa). Arbol vigoroso, de rápida entrada en producción, muy productivo, resistente a la caída de fruto maduro, pero con fuerte tendencia a la alternancia de cosechas. Fruto de tamaño mediano a grande, forma redondeada y ligeramente irregular y aplanada, de color rojo en 1/4-1/2 de su superficie, sobre fondo amarillo, estriado (Foto 12.4A); en zonas cálidas la coloración resulta insuficiente. Sensible al *cracking*. Pulpa muy dulce, jugosa y de excelente calidad gustativa, caracterizada por su elevado contenido en azúcares y baja concentración de ácidos. Muy buena conservación en cámara, aunque con sensibilidad al escaldado. Madura a mediados de octubre.

- *Braeburn*. Originaria de Nueva Zelanda, se cree procedente de una polinización abierta de flores de 'Lady William's'. En España el cultivo de este grupo de variedades ha sido escaso dado que su adaptación a climas cálidos no es, en general, satisfactoria. A pesar de ello, se dispone de clones de coloración muy superior a los estándar, como son 'Joburn' (estriada) y 'Maririred' (lisa). Arbol poco vigoroso, de porte abierto, de rápida entrada en producción, muy productivo, pero con elevada sensibilidad a la caída de precosecha. Fruto de buen tamaño, redondeado, de color rojo sobre fondo amarillo, estriado, con lenticelas pequeñas y poco intenso en zonas templadas. Pulpa consistente y de buen sabor. Buena conservación en atmósfera controlada (4-6 meses) y ULO (8-9 meses), aunque presenta cierta tendencia a la harinosidad, escaldado y *bitter-pit*. Madura a finales de septiembre.

- *Granny Smith*. Variedad de Nueva Gales del Sur originada a partir de una semilla de 'French Crab'. Árboles vigorosos, de rápida entrada en producción, productivos, con tendencia a perder las hojas y fructificar en los extremos de las ramas, lo que condiciona la poda, poco sensible al moteado y sensible al oidio. Relativamente autoestéril, se poliniza bien con variedades del grupo 'Golden' y es, a su vez, muy buena polinizadora. Fruto de buen tamaño, de forma entre esférica y troncocónica, homogénea, con buena resistencia al manipulado y a la conservación, aunque sensible al escaldado. Epidermis verde, uniforme, con numerosas len-

ticelas blanquecinas y muy atractiva (Foto 12.4B). Pulpa consistente, jugosa, crujiente y de sabor bastante ácido. Madura a principios de octubre. El cultivo de este grupo en España es escaso (2% de la producción total).

- *Reina de Reinetas Gris*. De origen desconocido, en España no tiene una importancia relevante. Arbol vigoroso, acrótono, con mucho follaje, entrada en producción lenta, con tendencia a la alternancia de cosechas, sensible a la caída de frutos maduros. Variedad de productividad media, requiere de, al menos, dos polinizadores ya que se trata de un cv. triploide y, por tanto, su polen es inviable. Frutos de buen tamaño, achatados, de color amarillo bronceado y recubierto de *russeting*, lo que le da una apariencia dorada y tacto rasposo. Pulpa blanco-amarillenta, firme, no muy jugosa, dulce y, al mismo tiempo, ligeramente ácida y con tendencia a la harinosidad. Buena conservación postcosecha (4 meses en AC y hasta 8 en ULO). Madura a finales de agosto.

Finalmente, debe mencionarse la importancia de algunas variedades para la industria sidrera. Se consideran variedades para sidra aquellas que contienen una riqueza elevada en ácidos orgánicos (sobre todo ácido málico) y taninos. Algunas de las cultivadas son 'Blanquina', 'Durona', 'Perico', 'Coloradona', 'Raxao', 'Solarina', etc.

3.2. Adaptación ecológica

Las exigencias del manzano, desde el punto de vista del medio, son las mismas que las del peral, salvo su mayor resistencia, en general, a la caliza activa. Son especies exigentes en frío (≈ 1000 HF) y menos sensibles a las heladas primaverales que el peral, por ser de floración mas tardía.

Esta especie se adapta muy bien a altitudes de 600-1.000 m, que mejoran sensiblemente la coloración y calidad del fruto (firmeza) en comparación con zonas de llanura.

3.3. Nutrición. Fertilización

Las extracciones de elementos minerales del suelo por el manzano ascienden a 2,3 kg de N, 0,6 kg de P, como P_2O_5 , y 3 kg de K, como K_2O por t de cosecha.

Las elevadas extracciones de K sugieren que las necesidades en este elemento mineral no se cubren totalmente con los abonados superficiales, por lo que se recomienda la incorporación de 800 kg/ha de ClK o SO_4K_2 , como abonado de fondo, cuando se prepara la plantación. Las recomendaciones de abonado de restitución, para una plantación con una producción media de 40-60 t/ha, son de 80-100 UF/ha y año de N, de 50-70 UF/ha y año de P (P_2O_5) y de 100-120 UF/ha y año de K (K_2O), como fertilización de fondo, y de 30-50 UF/ha y año de N como fertilización de cobertera. Para la primera suelen aplicarse abonos complejos y para la segunda nitrato amónico (33,5% N) o nitrato amónico calcio (26% N), según el tipo de suelo.

En suelos bien fertilizados, la época del abonado de fondo no tiene gran importancia, aunque conviene aplicar los abonos nitrogenados tres semanas antes, aproximadamente, de la floración, fraccionándolos en dos o tres veces cuando los suelos son ligeros. El abonado de cobertera se recomienda fraccionarlo en dos veces, 2/3 después del aclareo de frutos y 1/3 después de la recolección.

3.4. Plagas

La mayoría de las plagas del manzano son compartidas con el peral (García-Marí *et al.*, 1994). En la referencias siguientes sólo se explican con cierto detalle los síntomas de aquellas que son específicas del primero.

Entre los **homópteros** más importantes se encuentra el piojo de San José (*Quadraspidiotus perniciosus*), muy polífago, que recubre ramas, hojas y frutos con sus escudos, debilitando al árbol con la extracción de fluidos floemáticos y con la obstrucción de estomas. En el fruto, además, produce aureolas de color rojizo alrededor del lugar donde se fija (Foto 12.5A); su sola presencia, o la de su aureola, es suficiente para descartar el fruto para su consumo en fresco, en particular si se exporta.

Entre los **áfidos**, los más importantes son: a) el pulgón lanígero, *Eriosoma lanigerum* Hsm., muy pequeño (≈ 2 mm de longitud) y de color marrón; ataca exclusivamente a brotes y partes leñosas, de los que chupa la savia y forma tumores que, posteriormente, son invadidos por hongos degenerando en chancros que producen un debilitamiento rápido del árbol; según la estructura de la corteza de

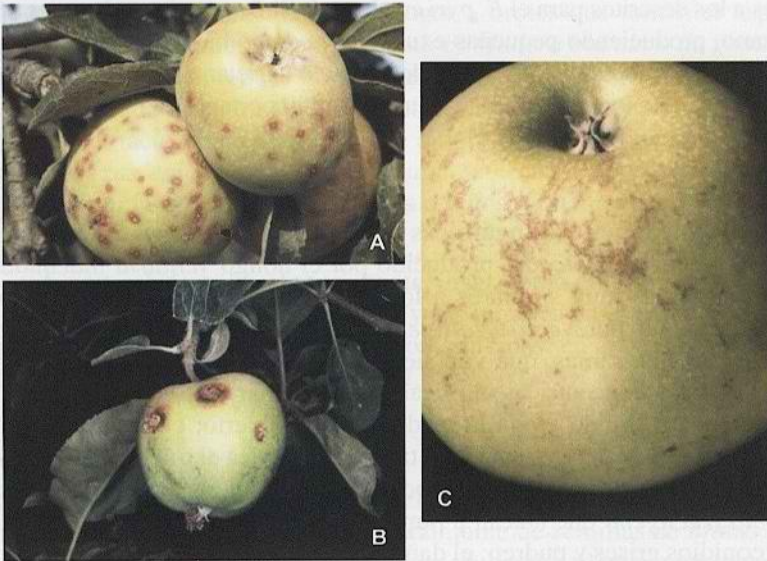


Foto 12.5. Frutos de manzano atacados de piojo de San José (A), carpocapsa (B) y ruseting (C) (Fotos: F. García-Marí).

las ramas y de la composición del fluido floemático, existen variedades y patrones más o menos sensibles a este pulgón; *b*) *Dysaphis plataginea* Pass., o pulgón ceniciento (o cenífero) y cuyos efectos son idénticos a los descritos para *Dysaphis pyri* Pass.; y *c*) *Aphis pomi* Deg., o pulgón verde, de menor importancia que el anterior, sus daños son indirectos y consecuencia de la melaza que segrega, a la que invade el hongo negrilla ensuciando el fruto.

Algunos de los **lepidópteros** que atacan al manzano son los mismos descritos para el peral, como *Cydia pomonella* L. (carpocapsa) (Foto 12.5B) y *Cacoecimorpha prunubana* Hb. (cacoecia), siendo sus daños, asimismo, prácticamente idénticos. Otros, como *Zeyzera pyrina* L., que mina ramas, presenta características biológicas y daños iguales a los señalados para *Cossus cossus* L. en el peral. Finalmente, existen una especie específica del manzano, el arañuelo del manzano, *Yponomeuta malinellus* Zell., cuyas orugas se alimentan de las hojas a las que primero minan y luego devoran, envolviéndose de gran cantidad de hilos de seda que pueden recubrir ramas y hasta el tronco; su voracidad es tal que puede llegar a defoliar completamente al árbol.

Sólo un **coleóptero** representa plaga en los manzanos. Se trata del curculiónido *Anthonomus pomorum*, cuya hembra perfora las yemas de flor y deposita un huevo en su interior; cuando éste eclosiona, la larva se alimenta de la flor provocando su desecación.

En los manzanos también se detecta el **ácaro** *Panonychus ulmi* Koch, cuyos daños son idénticos a los señalados en el peral. El *Aculus schlechtendali* Nal. es el ácaro del *russeting* del manzano (Foto 12.5 C), de características biológicas y daños similares a los descritos para el *E. pyri* en el peral. El *Brevipalpus obovatus* sólo ataca al manzano, produciendo pequeñas exudaciones de goma en brotes, hojas y frutos; los brotes pueden secarse y los frutos desecarse o agrietarse y quedar manchados de un color plateado. No es, sin embargo, una plaga importante en nuestro país.

3.5. Enfermedades

Las **enfermedades criptogámicas** más importantes del manzano (Montesinos *et al.*, 2000) son: *a*) **Moteado**, producido por el hongo *Venturia inaequalis* (Che) Wint., de síntomas muy similares a los señalados para el moteado del peral; *b*) **Chancro**, originado por *Nectria galligena*, se inicia con la aparición de depresiones sobre la corteza de ramas, que van siendo cada vez más acusadas, ennegrecen y arrugan en zonas concéntricas elípticas, hasta formar una llaga de bordes abultados, el centro deprimido y con la madera al descubierto; cuando rodea a la rama por completo ésta se seca y si ataca al tronco y lo rodea el que muere es el árbol; *c*) **Podredumbre parda de los frutos**, producida por los hongos *Monilia fructigena* y *Sclerotinia fructigena* que atacan a ramillas, brotes tiernos y flores a los que recubren de conidios grises y pudren; el daño más importante lo producen sobre los frutos sobre los que produce pequeñas manchas circulares que evolucionan rápidamente en una pudrición general si los frutos están maduros, apareciendo en dos o

tres días los conidios y pudiendo ocasionar pérdidas entre el 50% y el 75% de la cosecha; d) *Oidio* o *mal blanco*, originado por *Podosphaera leucotricha* Salm.; su acción más importante se desarrolla sobre las hojas, a las que cubre con su micelio y el polvillo de las esporas, impidiendo su crecimiento en anchura y doblándolas longitudinalmente; especialmente sensibles son, por tanto, las plantas de vivero; las flores apenas son atacadas porque la infección se produce sobrepasada la floración; los frutos, invadidos por el extremo calicino ven reducido su crecimiento y quedan de pequeño tamaño; e) *Podredumbre del cuello*, debida al hongo *Phytophthora cactorum*, se caracteriza por la presencia de un chancre de forma oval, aspecto rugoso y de color pardo que se origina por debajo de la corteza y acaba por destruir al cambium; los primeros años queda confinada en una pequeña zona del tronco pero progresivamente se va extendiendo en todas direcciones hasta que rodea completamente al tronco y provoca la muerte del árbol; f) *Podredumbre de la raíz*, producida por los hongos *Armillaria mellea* (Vahl ex Fr.) P. Karst y *Rosellinia necatrix* que se localizan en zonas de la corteza de las raíces que se secan y sobre las que se ven los rizomorfos a modo de hilos pardos, oscuros o negros; los árboles atacados se desarrollan débilmente porque el fluido xilemático no llega a las hojas; éstas toman un color amarillento, se mustian y se secan junto con los brotes.

Entre las **virosis** que atacan al manzano, detectadas en España, destacan por su importancia económica: a) *Mosaico anular* (*ring mosaic pattern*), que también ataca al peral y cuyos síntomas son los mismos que los descritos para éste; b) *Virosis de las proliferaciones* (*apple witch's broom virus*), con síntomas en las yemas terminales que tras su normal parada de crecimiento vuelven a brotar en otoño, dando lugar a una roseta de pequeñas hojas cloróticas, y en yemas laterales y axilares que brotan anticipadamente, dando lugar a brotes que toman el aspecto de escobas, del que toma nombre la enfermedad; c) *Madera blanda o de goma* (*apple rubbery wood virus*), que reduce notablemente el vigor del árbol y le confiere un aspecto caído a modo de sauce llorón, sus brotes están faltos de lignificación, y las ramas parecen al tacto como de goma y se quiebran con facilidad por el peso del fruto; d) *Asperezas epidérmicas* (*apple rough skin virus*) sobre la epidermis del fruto, que degeneran en manchas suberosas o leñosas que, a veces, se agrietan; el tamaño del fruto se ve, asimismo, reducido.

El manzano también sufre algunas **bacteriosis**, como el fuego bacteriano, producido por la bacteria *Erwinia amylovora*, y los tumores en el cuello y raíces, originados por *Agrobacterium tumefaciens*, con síntomas, en ambos casos, prácticamente idénticos a los descritos para el peral.

3.6. Patrones

Los patrones utilizados en el cultivo del manzano son francos, procedentes de diferentes especies del género *Malus*, generalmente de semillas de *Malus baccata* o de sus híbridos con *Malus communis*, lo que da lugar a plantas resistentes a muy bajas temperaturas.

A principios de siglo, en la estación inglesa de East Malling, se seleccionaron algunas plantas procedentes de propagación vegetativa a las que se las denominó *Paradis Jaune de Metz*. La multiplicación clonal de los que tuvieron mejor comportamiento dio lugar a una serie de 16 patrones con vigores crecientes desde el 1 al 16. El EM-IX, actualmente conocido como M-9, ha sido muy utilizado en el pasado, pero en los últimos años está siendo sustituido por diferentes selecciones libres de virus como M9 NAKB, M9 EMLA, M9 Pajam®1 y M9 Pajam®2, que proporcionan una mejor homogeneidad y productividad.

Otra selección, de la que algunos son muy usados por sus buenas características, es la que se llevó a cabo conjuntamente por las estaciones de East Malling y John Innes, buscando patrones resistentes al pulgón lanígero, y a la que se le denominó serie Malling-Merton. Inicialmente incluía 15 patrones, de los que sólo MM-106 y MM-111 son propagados en Europa.

Felipe (1989) ha revisado las características de todos estos patrones, las cuales se resumen a continuación para los utilizados actualmente en España.

En la tabla 12.5 se resumen las características más importantes de todos ellos en relación a su adaptación al medio.

TABLA 12.5
Comportamiento de los patrones de manzano frente a las condiciones del medio

Francos: Selección clonal	Resistencia a bajas t ^{ms}	Adaptación a suelos	Sequía	Asfixia radicular
M-9	S	B	S	S
MM-106	Rm	B	R	R
MM-111	R	B	R	R

B: Buena; R: Resistente; Rm: Resistencia media; S: Sensible.

En las tablas 12.6 y 12.7, se resumen el comportamiento de estos patrones frente a enfermedades y sus características agronómicas más importantes.

TABLA 12.6
Comportamiento de los principales patrones de manzano frente a plagas y enfermedades

Franco: Selección clonal	P. lanígero	<i>Agrobacterium</i>	<i>Phytophthora</i>	Fuego bacteriano
M-9	S	S	R	S
MM-106	R	—	S	R
MM-111	R	—	—	—

R: Resistente; S: Sensible.

TABLA 12.7

Características agronómicas más importantes de los patrones de manzano

Franco: Selección clonal	Compatibilidad	Vigor	Productividad	Entrada en Producción	Calidad del fruto	Sierpes
M-9	B	En*	B	R	B	++
MM-106	B	m	B	R	B	+
MM-111	B	B	B	R	B	—

B: Bueno(a); m: Mediano(a); R: Rápida; En*: enanizante; +: poco; +++: bastante.

3.7. Técnicas de cultivo

En el manzano se emplean tres tipos de **formaciones**: a) el *vaso*, para manzanos de gran desarrollo y muy productivos, en los que se precisa de una estructura sólida en el esqueleto del árbol; b) el *eje central y/o huso* para variedades/patrones de vigor reducido, en las que la mayoría de las operaciones pueden realizarse desde el suelo, injertadas sobre patrones débiles, como el M-9; y c) la *palmeta*, indicada en variedades estándar injertadas sobre patrones de vigor medio, como MM-106 y MM-111. En las plantaciones sidreras se utilizan formaciones en eje central.

Los frutos de mejor calidad se producen sobre brindillas coronadas y lamburdas sobre ramas de dos años. El equilibrio entre éstas es, por tanto, necesario y la **poda de fructificación** debe favorecer la formación de este tipo de estructuras y limitar el número de botones florales. Esta poda debe efectuarse en invierno, y se aprovecha para eliminar las ramas innecesarias, incorrectamente dispuestas, competidoras, etc. Asimismo, deben reducirse las más viejas con el fin de regenerarlas. La poda en verde se utiliza para frenar el desarrollo de algunos brotes y favorecer el de otros con el fin de lograr una formación más rápida y equilibrada con la estructura del árbol.

El **aclareo** o eliminación selectiva de frutos para favorecer el desarrollo de los que persisten, es práctica habitual en algunas variedades de manzano. Esta práctica se lleva a cabo manual o químicamente. En el primer caso se realiza cuando la selección del fruto puede hacerse sin dificultad y, en general, cuando éste inicia su fase de expansión celular. En el segundo caso se utilizan reguladores del desarrollo, y se efectúa en la época en que el fruto es más sensible a la abscisión, esto es cuando tiene un diámetro medio entre 10 y 12 mm. El ácido naftalenacético (ANA; 1% p/v) y el carbaril (85% p/v) a una dosis de 1-1,5 kg/ha, en ambos casos, solos o en combinación, aplicados en plena floración, han dado buenos resultados; una mezcla de las giberelinas GA₄ y GA₇ y benciladenina (BA) (Promalin®), a razón de 0,65 l/ha del formulado, también ha sido utilizada con éxito. El aclareo químico, en general, debe ser completado con un aclareo manual de, lógicamente, bajo coste.

La polinización del manzano es entomófila, siendo las abejas los principales agentes polinizadores. Sin embargo, en algunos casos, esta especie puede presentar

esterilidad, normalmente masculina. En estos casos, y cuando las condiciones climáticas no son las adecuadas para una correcta polinización, el empleo de ácido giberélico (5-10 mg/l) cuando las flores están perdiendo los pétalos, aumenta el **cuajado** de flores. Schiaparelli *et al.* (1995) han revisado los usos de los fitoreguladores en fruticultura.

Los manzanos utilizan gran cantidad de agua, de modo que un árbol adulto necesita entre 200 y 300 l/año y kg de fruta, siendo julio el mes de máximo consumo. En España, aunque las cifras son variables dependiendo del área de cultivo, se precisan **riegos** que aporten entre 575 y 825 l/m² y año para obtener cosechas óptimas.

El escaldado (*scald*) y la mancha amarga (*bitter pit*) son las dos **alteraciones fisiológicas** más importantes de las manzanas. El primero puede producirse durante su conservación frigorífica o en el campo; en este último caso se denomina *escaldado blando* y se caracteriza por la aparición de manchas marrones sobre la epidermis a modo de quemaduras amplias. Se asocia a temperaturas próximas al punto de congelación de la variedad en cuestión y se ve favorecida por un exceso de madurez del fruto. El *bitter pit* se ha relacionado con desequilibrios nutricionales ya que un exceso de K o de Mg provoca su aparición, pero los riegos o, sobre todo, las lluvias abundantes también parecen ser responsables de su aparición. La alteración se caracteriza por la aparición de pequeñas depresiones sobre la piel en la zona peripeduncular que semejan lesiones por granizo; al principio su aspecto es acuoso, pero van tomando un color rojizo profundo, en las manzanas rojas, o verde brillante si son amarillas o verdes; finalmente se vuelven pardas y quedan hundi-das, cubriendo una pulpa parda, seca, esponjosa y, a menudo, de sabor amargo. Puede reducirse su incidencia con sales de calcio (nitrato o cloruro) aplicadas vía foliar.

4. Estadios fenológicos de los frutales de pepita. Codificación BBCH

Como en otras especies frutales, la descripción de los estadios fenológicos de las *Pomoideas* ha atendido a descripciones morfológicas y anatómicas con aspectos puntuales de acuerdo con las áreas de cultivo y especies concretas. Estos trabajos están basados, mayoritariamente, en los de Fleckinger de los años 40, quien estableció estados-tipo para cada especie frutal; de este modo puso de manifiesto las diferencias entre ellas, pero no pudo establecer un método que permitiera su comparación. Con la escala BBCH se supera esta dificultad y se establecen unos criterios de clasificación fenológica válidos para todas las especies frutales (ver Capítulo 6). Meier *et al.* (1994) establecieron la escala BBCH para las especies frutales, cuyos estadios principales se presentan a continuación (Fig. 12.1). En éstas los estadios 2 (desarrollo de brotes laterales) y 4 (desarrollo de las partes vegetativas cosechables) no tienen sentido y, por tanto, se omiten.

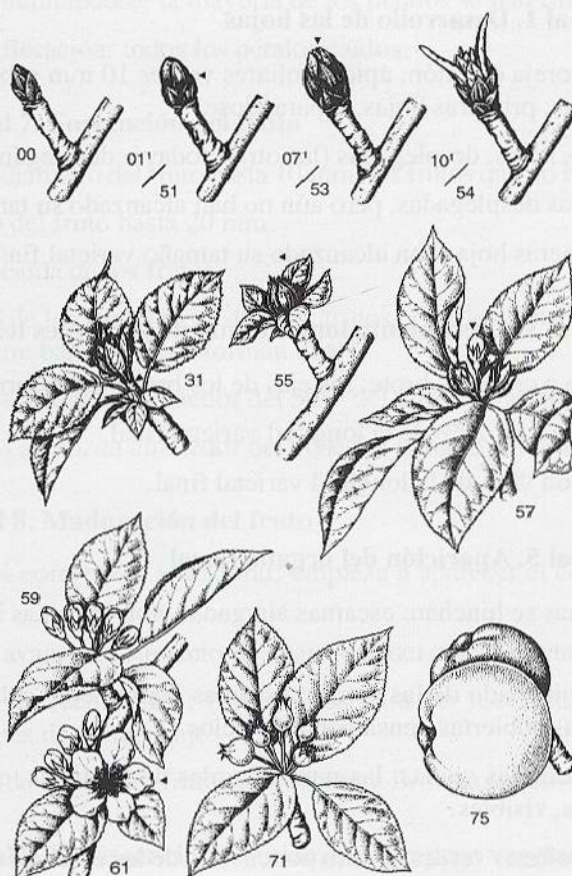


Fig. 12.1. Estadios de desarrollo de los frutales de pepita (Fuente: Meier *et al.*, 1994).
(¹La yema de madera es más pequeña y delgada y se halla en una rama larga).

Estadio principal 0. Desarrollo de las yemas

00. Letargo: yemas foliares y florales cerradas y cubiertas de escamas marrón-oscuro.
01. Comienzo del hinchado de las yemas foliares: yemas visiblemente hinchadas, escamas alargadas, con manchas ligeramente coloreadas.
03. Fin del hinchado de las yemas vegetativas; escamas de las yemas ligeramente coloreadas, con algunas zonas cubiertas densamente de pelos.
07. Comienzo de la abertura de las yemas; primeros ápices foliares verdes, visibles.
09. Ápices foliares verdes, sobre 5 mm por encima de las escamas.

Estadio principal 1. Desarrollo de las hojas

10. Estadio oreja de ratón: ápices foliares verdes 10 mm sobre las escamas de las yemas; primeras hojas, separándose.
11. Primeras hojas, desplegadas (las otras, todavía desplegándose).
15. Más hojas desplegadas, pero aún no han alcanzado su tamaño final.
19. Las primeras hojas han alcanzado su tamaño varietal final.

Estadio principal 3. Crecimiento longitudinal de los brotes terminales

31. Empieza a crecer el brote: los ejes de los brotes en desarrollo, visibles.
32. Brotes, con un 20% de la longitud varietal final.
39. Brotes con 90% de la longitud varietal final.

Estadio principal 5. Aparición del órgano floral

51. Las yemas se hinchan: escamas alargadas, con manchas ligeramente coloreadas.
52. Fin del hinchado de las yemas: escamas ligeramente coloreadas, visibles, con zonas cubiertas densamente de pelos.
53. Apertura de las yemas: las puntas verdes de las hojas, que aún encierran las flores, visibles.
54. Ápices foliares verdes 10 mm por encima de las escamas de las yemas; primeras hojas separándose.
55. Yemas florales, visibles (aún cerradas).
56. Estadio de yema verde: flores simples separándose (aún cerradas).
57. Estadio de yema roja: pétalos florales alargándose; sépalos ligeramente abiertos; pétalos recién visibles.
59. Estadio de balón: la mayoría de las flores con pétalos formando una bola hueca.

Estadio principal 6. Floración

60. Primeras flores abiertas.
61. Comienzo de la floración: alrededor del 10% de las flores están abiertas.
65. Plena floración: alrededor del 50% de las flores están abiertas. Caen los 1^{os} pétalos.

67. Flores marchitándose: la mayoría de los pétalos se han caído.

69. Fin de la floración: todos los pétalos caídos.

Estadio principal 7. Formación del fruto

71. Cuajado: diámetro del fruto hasta 10 mm; los frutos que no han cuajado caen.

72. Diámetro del fruto hasta 20 mm.

73. Segunda caída de los frutos.

74. Diámetro de los frutos hasta 40 mm; frutos erguidos; estado T: el pedúnculo y la parte baja del fruto forman una T.

75. Los frutos alcanzan alrededor del 50% del tamaño varietal final.

77. Los frutos alcanzan alrededor del 70% del tamaño varietal final.

Estado principal 8. Maduración del fruto

81. Los frutos comienzan a madurar: empieza a aparecer el color propio de la variedad.

85. Madurez avanzada: aumento en intensidad del color varietal típico del fruto.

87. Madurez de recolección: frutos aptos para ser recolectados con buenas condiciones de almacenaje.

89. Madurez de consumo: frutos con aroma y firmeza típicos.

Estadio principal 9. Senescencia y comienzo del reposo vegetativo

91. Los brotes han completado su desarrollo; yema terminal desarrollada; follaje completamente verde todavía.

92. Las hojas comienzan a decolorarse.

93. Las hojas comienzan a caer.

95. 50% de las hojas decoloradas.

97. Todas las hojas caídas; letargo invernal.

99. Partes cosechadas (estadio para señalar tratamientos de poscosecha).

5. Referencias bibliográficas

- Alvarez-Requejo, S. 1988. *El manzano*. MAPA y Ed. Aedos, S.A., Madrid y Barcelona, España.
 Felipe, A.J. 1989. *Patrones para frutales de pepita y hueso*. Ed. Técnicas Europeas, S.A., Barcelona, España.

- García-Marí, F.; Costa, J. y Ferragut, F. 1994. *Plagas agrícolas*. Agropublic, S.L. (Phytoma-España), Valencia, España.
- Iglesias, I.; Carbó, J.; Bonany, J.; Dalmau, R.; Guanter, G.; Montserrat, R.; Moreno, A. y Pagès, J.M. 2000. *Manzano: Las variedades de más interés*. Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA), Barcelona. 240 págs.
- Iglesias, I. 2003. «Características de diferentes patrones de peral y su efecto en el comportamiento agronómico de la variedad 'Conference'». *Fruticultura Profesional*, 36, Especial Producción Integrada III, 37-48pp.
- Meier, U.; Graf, H.; Hack, H.; Hess, M.; Kennel, W.; Klose, R.; Mappes, D.; Seipp, D.; Stauss, R.; Streif, J. y Van den Boom, T. 1994. «Phänologische Entwicklungsstadien des Kernobstes (*Malus domestica* Borkh. und *Pyrus communis* L.), des Steinobstes (*Prunus*-Arten), der Johannisbeere (*Ribes*-Arten) und der Erdbeere (*Fragaria* × *Ananassa* Duch.). *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.*, 46:141-153.
- Montesinos, E.; Melgarejo, P.; Cambra, M.A. y Pinochet, J. 2000. *Enfermedades de los frutales de pepita y de hueso*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Lalatta, F. 1986. *El cultivo moderno del peral*. De Vecchi Cop., Barcelona, España.
- Rebour, H. 1971. *Frutales mediterráneos*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Schiapparelli, A.; Schreiber, G. y Bourlot, G. 1995. *Fitoregulatori in agricoltura*, Edagricole, Bologna, Italia.

CAPITULO 13

FRUTALES DE HUESO

1. Introducción

Los frutales de hueso son especies originarias de Asia Oriental, aunque unas pocas proceden de Europa y América del Norte, y su difusión por la cuenca mediterránea se remonta a los tiempos de los griegos y romanos. En Europa encontraron las condiciones de clima y suelo ideales para satisfacer sus exigencias y garantizar una producción constante, ya que precisan de climas benignos, sin excesivos descensos térmicos, ya sea en invierno o en primavera. Cobianchi *et al.* (1989), Fideghelli (1987), Forte (1992), Rebour (1970) y Vidaud *et al.* (1989) han revisado los conocimientos sobre el cultivo de estas especies.

Pertenecen al orden *Rosales*, familia *Rosaceae*, subfamilia *Prunoideas*, género *Prunus*. Las especies más importantes cultivadas en España son el albaricoquero (*Prunus armeniaca* L.), el cerezo (*Prunus avium* L.), el ciruelo, del que destacan el ciruelo japonés (*Prunus salicina* Lindl.) y el ciruelo europeo (*Prunus domestica* L.), y el melocotonero [*Prunus persica* (L.) Batsch], del que se distinguen tres formas botánicas, melocotonero, nectarina y paraguay, *vulgaris*, *leavis* y *platycarpa*, respectivamente.

La producción mundial de frutos de hueso se acerca a los 25×10^6 t anuales, según datos de FAOSTAT del año 2003. De ellas casi el 50% son de melocotoneros, el 30% de ciruelos, el 9% de albaricoques y el 6% de cerezo. En España se destinan unas 140.000 ha al cultivo de estas especies, con una producción total de $1,4 \times 10^6$ t anuales. Aragón y Murcia representan el 20% cada una del total de la superficie, seguidas de la Comunidad Valenciana (18%), Cataluña (14%) y Andalucía (10%). La especie con una mayor superficie de cultivo es el melocotonero, con un 50% del total, seguida del albaricoquero (18%), cerezo (16%) y ciruelo (14%). Un 20%, aproximadamente, de la producción total se exporta, mayoritariamente a países de la UE.

2. El albaricoquero

La producción mundial de albaricoques, según los datos de FAOSTAT de 2002, supera los $2,3 \times 10^6$ t. Turquía, Irán, Italia y Francia son los mayores productores y los países mediterráneos, en su conjunto, producen el 60% del total mundial.

En España se cultivan, aproximadamente, 25.000 ha de albaricoqueros, la mayor parte en regadío, que producen unas 150.000 t anuales. Murcia ocupa el primer lugar con 12.000 ha y una producción de 100×10^3 t, seguida de la Comunidad Valenciana, con 6.500 ha y 30.000 t y de Castilla-La Mancha, con 3.000 ha y 15.000 t. Entre el 25% y el 30% se exporta a otros países de la UE. La industria conservera consume, aproximadamente, el 25% de la producción.

El albaricoquero es un árbol grande, de hasta 7-8 m de altura, caducifolio, vigoroso, de porte abierto, con tronco robusto, de madera oscura. Hojas con un largo pecíolo, limbo acorazonado y ligeramente aserrado, de color rojizo cuando inician el desarrollo y verde intenso cuando son adultas. Flores situadas, mayoritariamente, en ramos mixtos, con pedúnculo corto, con brácteas, pentámeras, con numerosos estambres, pétalos de color blanco rosáceo; hermafroditas. El fruto es una drupa de forma entre oval y esférica, con un surco ventral bien diferenciado, de tamaño variable, entre pequeño y mediano, ligeramente pubescente, de color blanco o amarillo y, frecuentemente, con una amplia mancha rojiza de tamaño variable; el mesocarpo es carnoso, de color blanco o amarillo, y el endocarpo lignificado, duro, de forma oval aplanada y con dos surcos bien definidos. La semilla es grande, con cubiertas de color marrón y cotiledones blancos.

2.1. Clasificación agronómica

Badenes *et al.* (1997) han estudiado las características de las principales variedades de albaricoquero. Ordenadas por época de maduración, tomando como referencia el cv. 'Canino' y en las condiciones climáticas del este de España, se resumen a continuación.

- *Currot*. Árbol vigoroso, de porte ligeramente abierto, muy productivo y poco exigente en horas frío (≈ 400 h). Florece y madura unos 20 días antes que el 'Canino', localizándose más de la mitad de los frutos en brotes cortos. Apenas presenta caída de botones florales.

Frutos de tamaño pequeño a mediano ($\varnothing \approx 40$ -45 mm), ligeramente aplanado, de color amarillo rojizo, hueso muy adherido a la pulpa, medianamente aromático y sabor aceptable. Su característica más notable es la precocidad, por lo que se consume en fresco.

- *Roig de Carlet*. Forma parte de los cultivares denominados genéricamente *galta roja*, que representan el 8% de la superficie española destinada al cultivo de esta especie. Árbol muy vigoroso, de porte abierto, muy productivo y

medianamente exigente en horas frío (≈ 750 h). Florece y madura en las mismas fechas o unos días antes que el 'Canino', localizándose los frutos en partes iguales en ramos mixtos y brotes cortos. Presenta una moderada caída de botones florales.

Fruto atractivo, de tamaño medio ($\varnothing \approx 45$ mm), achatado, rojizo en un 30% de su superficie, sobre fondo amarillo (Foto 13.1), de buen sabor, hueso ligeramente adherido a la pulpa, aromático, y de escasa resistencia al manipulado poscosecha. Su consumo es casi exclusivamente en fresco.

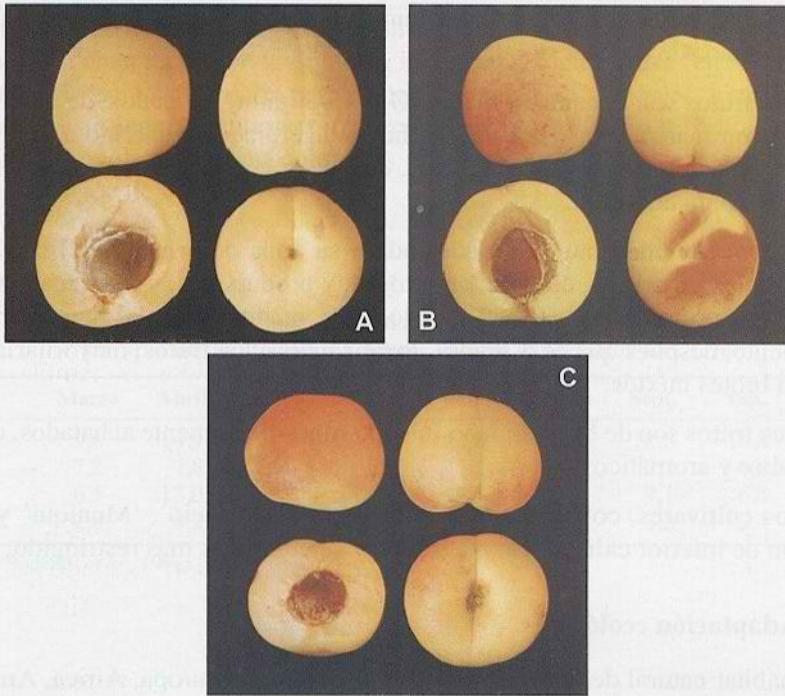


Foto 13.1. Frutos de albaricoquero. A), cv. 'Canino'; B), Cv. 'Bulida'; C), cv. 'Roig de Carlet'.
(Fotos: Badenes *et al.*, 1997).

- *Canino*. Esta variedad se ha adaptado a la práctica totalidad de las áreas de cultivo mediterráneas y, actualmente, es ampliamente cultivado. En el contexto español representa el 15% de la superficie total. Sus árboles son de vigor medio y porte ligeramente abierto; productivos y medianamente exigentes en horas frío (≈ 650 h). Florece a principios de mayo y localiza las flores, mayoritariamente, en brotes cortos. Presenta caídas importantes de yemas y botones florales.

Sus frutos son de tamaño medio ($\varnothing \approx 48\text{-}50\text{ mm}$), de color amarillo anaranjado (Foto 13.1), de buen sabor, poco aromáticos y hueso ligeramente adherido a la pulpa. Maduran, bastante uniformemente, alrededor de la primera semana de junio y presentan un buen comportamiento poscosecha y aptitud para la conserva. Su principal inconveniente es la acumulación de oferta en los mercados europeos durante su comercialización.

- **Búlida**. Es la variedad más extensamente cultivada en España, representando el 50% de la superficie total de albaricoquero. Arbolado muy vigoroso, de porte abierto, muy productivo y medianamente exigente en horas frío ($\approx 750\text{ h}$). Florece y madura una semana, aproximadamente, después que el 'Canino', localizándose los frutos, mayoritariamente, en ramos mixtos. Presenta una caída moderada de botones florales.

Sus frutos son de tamaño medio ($\varnothing \approx 45\text{-}50\text{ mm}$), ovalados, de color amarillo con mancha roja (Foto 13.1), hueso ligeramente adherido a la pulpa, de sabor aceptable, poco aromáticos, con buen comportamiento poscosecha y aptos para conserva.

- **Tadeo**. Variedad muy bien adaptada a su zona de origen (Vall d'Albaida). Árboles vigorosos, de porte abierto, muy productivos, y medianamente exigentes en horas frío ($\approx 750\text{ h}$). Florece y madura 15 y 20 días, respectivamente, después que el 'Canino', localizándose los frutos, mayoritariamente, en brotes mixtos.

Sus frutos son de buen tamaño ($\varnothing \approx 55\text{ mm}$), ligeramente achatados, de buen sabor y aromáticos.

Otros cultivares, como 'Corbató', 'Ginesta', 'Mauricio', 'Moniqui' y 'Palabras' son de inferior calidad a los descritos y su cultivo es más restringido.

2.2. Adaptación ecológica

El hábitat natural del albaricoquero se extiende por Europa, África, América y Oceanía, entre los paralelos 50° y 35° N y 50° y 35° S . A pesar de ello, sus zonas de adaptación son bastante restringidas. En efecto, aunque es capaz de soportar temperaturas invernales inferiores a -50° C , la sensibilidad de sus yemas, flores y frutos a las bajas temperaturas limita su extensión; las primeras se hielan a -4° C , las segundas a -2° C y los frutitos recién cuajados a -1° C . Aunque es poco exigente en frío, los inviernos demasiado templados producen un intenso corrimiento de flores.

El albaricoquero prefiere suelos profundos, fácilmente laborables y francos. No son recomendables para su cultivo los suelos demasiado pesados y húmedos, ni los sueltos y secos. Es, asimismo, sensible al *cansancio del suelo*, de modo que las replantaciones resultan dificultosas. Sin embargo, es poco exigente en agua, pudiéndose cultivar perfectamente en secano.

De acuerdo con ello, se recomienda una labor de desfonde o subsolado antes de la plantación, realizar ésta no muy profunda, para evitar el franqueamiento de la variedad, y utilizar marcos reales entre 5×5 m y 7×7 m, o rectangulares de 6×8 m.

La mayor parte de sus variedades son autocompatibles.

2.3. Nutrición. Fertilización

El albaricoquero es exigente en K y, particularmente, en N. Una deficiencia en este último elemento mineral reduce el desarrollo vegetativo y de los frutos; éstos, además, ven dificultado su cuajado y caen en gran proporción.

Las dosis de **abonado de restitución** de N recomendadas oscilan entre 80 y 90 UF/ha, que deben repartirse la mitad en invierno, la cuarta parte (en forma nítrica) durante la floración y la cuarta parte restante después de la recolección. No conviene retrasar esta segunda aportación por el riesgo de rajado. En regadío, Badenes *et al.* (1997) proponen dosis más elevadas. En la tabla 13.1 se presenta un programa de fertirrigación de N, P, K y Mg.

TABLA 13.1

Programa de fertirrigación para albaricoqueros de 12 años de edad y marco de plantación $6 \times 5,5$ m. Valores expresados en UF/ha

	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Total
N	9,8	14,9	21,0	25,2	23,8	18,2	18,8	16,8	140
P ₂ O ₅	7,2	7,8	9,6	7,8	7,2	7,2	7,2	6,0	60
K ₂ O	6,5	13,0	26,0	32,5	19,5	16,9	9,1	6,5	130
MgO	2,8	5,2	8,8	8,0	5,2	4,0	3,6	2,4	40

Fuente: Badenes *et al.*, 1997.

3. El cerezo

La producción mundial de cerezas supera las $1,6 \times 10^6$ t anuales (datos de FAOSTAT de 2003). En España se destinan 22.000 ha al cultivo del cerezo que producen más de 64.000 t anuales, ocupando el sexto lugar en el mundo. De ellas, el 80% todavía se encuentra en secano, aunque con una clara tendencia al incremento en regadío. Extremadura, con 8.000 ha y 21.000 t ocupa la primera posición, seguida de Aragón, con cerca de 8.000 ha y más de 13.000 t de producción; Cataluña, Andalucía y la Comunidad Valenciana, con 3.500 ha cada una, aproximadamente, y una producción global de 24.000 t, le siguen en importancia. Alrededor del 15% de la producción se exporta a otros países de la UE.

El cerezo es un árbol caducifolio, vigoroso, grande, que puede alcanzar hasta 10 m de altura, de porte erecto, tronco robusto, madera de color oscuro, brillante,

con lenticelas, dura, fácil de trabajar y muy apreciada en la industria del mueble. Hojas de pecíolo largo, con el limbo aserrado, de tamaño medio, ovaladas y de color verde claro, brillantes por el haz y mates por el envés. Flores pentámeras, en policasio, de color blanco o rosa, generalmente autoestériles, de pedúnculo largo, agrupadas en número de 2 a 4 y situadas, mayoritariamente, en ramos de mayo. El fruto es una drupa con un largo pedúnculo, de tamaño pequeño y forma globosa o acorazonada, con el exocarpo de color rojo intenso, más o menos oscuro, el mesocarpo jugoso, de color rojo, y el endocarpo (hueso) liso, pequeño y casi esférico.

3.1. Clasificación agronómica

Una clasificación general de las variedades de cerezo las agrupa en: *a)* Mollares, de pulpa blanda, dulce y fina, precoces; y *b)* Garrafales, de pulpa firme y crujiente.

Se conocen más de un millar de cultivares de cerezo, la mayoría de interés sólo local. Actualmente, sin embargo, la mayor parte de ellos han sido sustituidos por selecciones comerciales de gran producción y calidad. En España, los más importantes son 'Burlat' y 'Marvin', precoces, 'Sunburst', 'Stark Hardy Giant', 'Hedelfinger' y 'Summit', de entre las de media estación, y 'Ambrunes' y 'Picotas' ('Pico Colorado', 'Pico Negro' y 'Pico Limón Negro'), tardías. Las características de algunos de ellos se resumen a continuación.

- *Burlat*. Arbol de porte erguido, vigoroso, autofértil. Fruto muy grande, de color rojo oscuro, con pedúnculo corto y forma oval achatada (Foto 13.2). Pulpa roja, firme, jugosa y muy dulce. Presenta cierta resistencia al agrieta-do. Se recolecta a partir de mediados de mayo



Foto 13.2. Fruto de cerezo cv. 'Burlat'.

- *Sunburst*. Híbrido de 'Van' × 'Stella' originario de Canadá. Árbol de porte semierguído, muy ramificado, de vigor medio, rápida entrada en producción y autofértil. Fruto grueso, de color entre anaranjado y púrpura, pedúnculo largo y pulpa muy dulce. Buena tolerancia al agrietado y relativamente resistente al transporte. Madura entre 18 y 20 días después de 'Burlat' (mediados de junio).
- *Ambrunes*. Fruto de tamaño mediano. Pulpa de consistencia crujiente, de sabor dulce, de color rojo oscuro, pulpa jugosa y hueso adherido. Madura a principios de julio.

Los cultivares *Stark Hardy Giant*, que madura a principios de junio, *Summit*, de mediados de junio, y *Van*, de finales de junio, también se cultivan en España.

3.2. Adaptación ecológica

El área de cultivo del cerezo es bastante amplia, englobando toda la zona templada, las zonas templado-cálidas y las áreas subtropicales.

Su cultivo debe localizarse a altitudes entre los 600 y 800 m, buscando cubrir sus necesidades de frío invernal y evitar, al mismo tiempo, las heladas primaverales (Foto 13.3). Requiere suelos ligeros y permeables.



Foto 13.3. Plantaciones de cerezo en el valle del Jerte (Cáceres). Las condiciones climáticas son idóneas para esta especie que requiere bajas temperaturas invernales.

Es una especie exigente en agua durante el verano, para mantener la vegetación; en áreas con una pluviometría inferior a los 600 mm anuales presenta problemas de desarrollo y producción. Por ello, son cada día más numerosas las planta-

ciones en regadío, en particular con riego localizado. En general, los riegos deben ser abundantes y frecuentes desde el cuajado del fruto hasta la recolección, eliminarlos a continuación, hasta que el árbol deje de crecer, y reiniciarlos posteriormente en intensidad acorde al mantenimiento de la actividad vegetativa.

Sus principales problemas son el cuajado deficiente, el tamaño grande de sus árboles, el tamaño de sus frutos y su tendencia a agrietarse. El primero exige de polinizadores, dada la autoincompatibilidad de muchas de sus variedades y este aspecto debe tenerse en cuenta a la hora de diseñar una plantación, distribuyendo adecuadamente los polinizadores; la variedad 'Garrafal Napoleón' es una excelente polinizadora. El tamaño del arbolado dificulta y encarece las labores de cultivo, recomendándose densidades de plantación de 350-500 árboles por ha en secano y entre 600 y 900 en regadío. El tamaño pequeño de sus frutos exige una abundante mano de obra en el momento de la recolección; ésta, además, es lenta y, por tanto, costosa. A pesar de ello, en esta especie no se practica ningún tipo de aclareo.

3.3. Nutrición. Fertilización

El cerezo es poco exigente en N, hasta el punto de que contenidos elevados en este elemento durante la diferenciación floral aumentan el desarrollo vegetativo, con la aparición de gran cantidad de chupones, y reduce el número de yemas florales. Por el contrario es exigente en K y Mg.

Las extracciones de elementos minerales de los cerezos son, por término medio, de 8 kg de N, 3 kg de P y 10 kg de K, por t de cosecha. Las dosis anuales de **abonado de restitución** recomendadas son de 80, 75 y 160 UF/ha de cada elemento, respectivamente. El Mg suele aportarse en cantidades de 30 UF/ha y año.

4. El ciruelo

El mundo produce anualmente $8,3 \times 10^6$ t de ciruelos, según datos de FAOSTAT del 2002. El primer país productor es China, con $4,4 \times 10^6$ t anuales, seguido de EE.UU. (625×10^3 t), Rumanía (530×10^3 t) y Alemania (425×10^3 t). España ocupa el noveno lugar, con algo más de 160.000 t, de las cuales el 85% procede de ciruelos japoneses. En Murcia se cultivan cerca de 4.000 ha, casi todas en regadío, con una producción de 50.000 t; en la Comunidad Valenciana la superficie en cultivo es de 8.000 ha, mayoritariamente en secano, y la producción es de 36.000 t; la tercera en importancia es Andalucía, con 2.000 ha y 20.000 t. La exportación de estos frutos, mayoritariamente a otros países de la UE, se acerca a las 70.000 t anuales.

Árbol vigoroso, de porte erecto, de tronco robusto, vigoroso y madera fina y de color verde violáceo cuando es joven y oscura cuando es vieja. Hojas caducas, con glándulas en el pecíolo, aserradas, lisas en el haz y ligeramente pubescentes en el

envés, y de color, forma y tamaño variables, según la especie. El color varía entre verde, más o menos claro, a morado, más o menos intenso; la forma varía entre ovalado-lanceoladas, en las especies europeas, a lanceoladas, en las japonesas. En esta especie las yemas florales producen inflorescencias cimosas que se resuelven en dicasios (Foto 13.4) y, a veces, tricasios, y se encuentran en estructuras cortas, dando lugar a brotes multiflorales, o en ramos mixtos. Flores pentámeras, de color blanco o ligeramente rosado, con numerosos estambres y hermafroditas. El fruto es una drupa con el exocarpo liso, recubierto de pruina, pero brillante cuando se elimina ésta, de color verde, amarillo, rojo o púrpura, según la especie y/o el cv., y con una marcada sutura central, poco profunda; mesocarpo jugoso, dulce y de color asimismo variable y, generalmente, coincidente con el del exocarpo; endocarpo lignificado, de forma variable, alargada o redondeada y aplastada, que alberga una semilla de cubiertas de color marrón y cotiledones blancos.

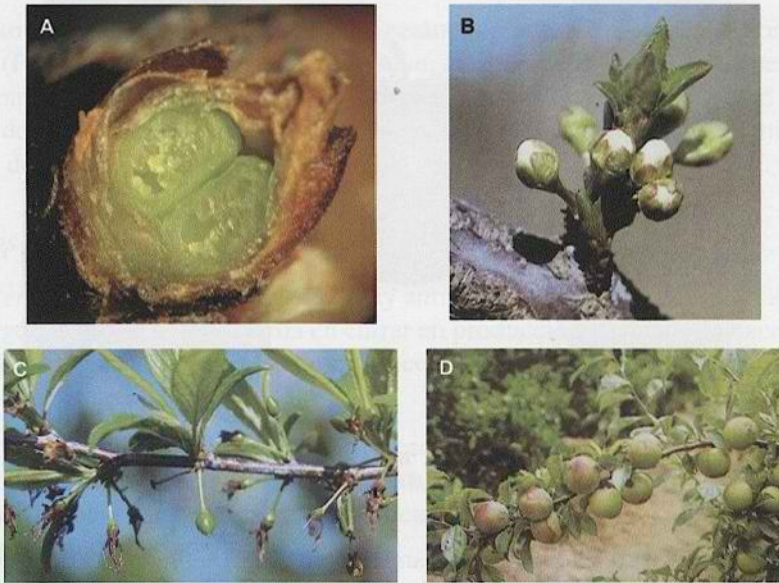


Foto 13.4. Yema latente de flor típica de ciruelo, mostrando dos flores (A). De cada yema, por tanto, surgen dos flores que, en general, solo dan un fruto (B y C). Fructificación característica de esta especie (C y D). (Fotos B, C y D: E. Mataix y D. Villarrubia. 1999).

Poda de frutales. I. La poda del ciruelo, Generalitat Valenciana, Ser. Div. Téc., n.º 45, 103 pp).

4.1. Clasificación agronómica

Cobianchi *et al.* (1989) han descrito las variedades de ciruelos japoneses y europeos más importantes actualmente en cultivo. Un resumen de las principales características de las cultivadas en España, ordenadas por época de maduración, se expone a continuación.

Ciruelos japoneses

- *Golden Japan*. Su origen es un cruce interespecífico múltiple. Ocupa el 20% de la superficie de cultivo del ciruelo en España. Arbol vigoroso, de porte abierto y productivo. Variedad autoincompatible, acepta como polinizadores las variedades 'Burbank', 'Santa Rosa', 'Formosa' y el ciruelo 'Mirobolan'.

Fruto de tamaño medio, esferoidal, ligeramente acorazonado, simétrico y piel de color amarillo (Foto 13.5). Pulpa amarilla, medianamente consistente, fácilmente separable del hueso y de buen sabor. Madura entre finales de junio y principios de julio.

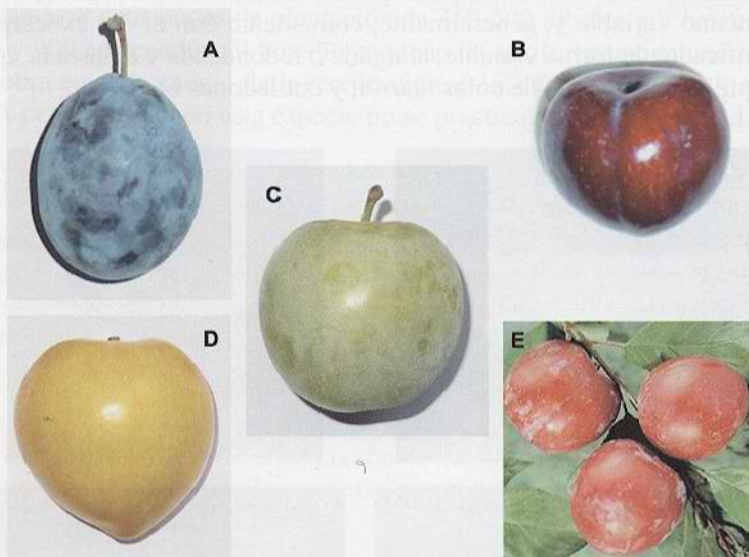


Foto 13.5. Frutos de ciruelo cvs. 'Stanley' (A), 'Black Diamond' (B), 'Reina Claudia de Bavay' (C), 'Golden Japan' (D) y 'Santa Rosa' (E).

- *Red Beauty*. Procede de un cruzamiento entre 'El Dorado' y 'Brumosa'. En España se destina a su cultivo el 10% de la superficie total destinada al ciruelo. Arbol de vigor variable según el medio de cultivo, de porte abierto y productivo. Variedad androestéril, las variedades 'Santa Rosa', 'Ambra' y el ciruelo 'Mirobolan' son adecuadas como polinizadores de esta variedad.

Fruto grande y redondo. Piel de color rojo vinoso y pulpa amarilla, dulce, muy jugosa y de buen sabor. Es la variedad más precoz de las cultivadas en España, madura la primera quincena de junio.

- *Black Gold*. Cultivar procedente de EE.UU. (Sociedad Superior Farming). Arbol de porte medio, medianamente vigoroso, porte erguido y rápida entrada en producción. Autoincompatible, puede ser polinizado por 'Black Diamond', 'Catalina' y 'Black Amber'.

Fruto de tamaño grande, esférico, de piel negro-violácea, pulpa roja y hueso adherido. Buen comportamiento al manipulado poscosecha y buena conservación en frío. Madura la primera semana de julio.

- *Santa Rosa*. Variedad obtenida en 1906. El cultivo de este ciruelo en España representa el 30% de la superficie. Arbol de buen vigor, porte abierto, y productivo. Variedad autocompatible, puede ser utilizada como polinizadora.

Fruto grande, esferoidal, ligeramente achatado, un poco asimétrico y piel de color rojo púrpura (Foto 13.5). Pulpa amarillo rosada, medianamente consistente, aromática, de buen sabor ligeramente ácido cerca del hueso, al que está adherido. Madura a mediados de julio.

- *Black Diamond*. Cultivar originario de EE.UU. (Soc. Sup. Farming). Arbol muy vigoroso, de porte medio y erguido; productivo. Es autoincompatible, pudiendo ser polinizado por los cvs. 'Black Gold', 'Catalina' y 'Black Amber'.

Fruto de tamaño grande, esférico, ligeramente achatado, de piel color violeta oscuro (Foto 13.5), pulpa rosa y consistente, fácilmente separable del hueso, y de sabor muy agradable. Toma su plena coloración antes que su maduración interna, lo que debe tenerse en cuenta a la hora de recolectar. Buen comportamiento en cámara de conservación en frío. Madura la segunda quincena de julio.

Ciruelos europeos

- *Reina Claudia Verde*. Variedad muy antigua de origen desconocido. Arbol de buen vigor, de porte abierto, tarda en entrar en producción y cuando lo hace su productividad es irregular. Variedad autoincompatible, pero inter-compatible con muchas variedades.

Fruto de tamaño medio, esferoidal ligeramente achatado, un poco asimétrico y piel de color verde. Pulpa amarillo verdosa, de consistencia media, poco adherida al hueso, de sabor bueno; tendente al agrietamiento y propenso a la abscisión precosecha. Madura a principios de agosto.

- *Stanley*. Híbrido intervarietal ('Agen' × 'Grand Duke'). Arbol de vigor medio, porte erguido y muy productivo. Variedad autoincompatible, es polinizada por las variedades 'Giant' y 'President'.

Fruto de tamaño medio, elipsoidal y ligeramente asimétrico. Piel de color rojo muy oscuro, cubierta de pruina que le da una tonalidad azulada (Foto 13.5). Pulpa amarillo verdosa, consistente, poco adherida al hueso y de buen sabor. Con tendencia a la caída precosecha y al agrietamiento. Madura a finales de agosto.

- *Reina Claudia de Bavay*. De origen belga, se la conoce también como R.C. de Tolosa. Arbol de vigor medio y porte erguido, de lenta entrada en producción, productivo, pero con tendencia a la alternancia de cosechas. Variedad autofértil.

Fruto de tamaño medio, esferoidal, ligeramente achatado por los polos y asimétrico. Zona pistilar redondeada y sutura bien definida. Piel de color verde grisáceo a amarillo-calabaza y cubierta de pruina (Foto 13.5). Pulpa amarillo verdosa, de consistencia media, medianamente jugosa, de sabor dulce muy agradable. Hueso parcialmente adherido, de tamaño medio. Madura a principios de septiembre.

- *President*. Cultivar de origen desconocido. Arbol de vigor medio, porte erguido, con entrada en producción precoz y de productividad alta y constante.

Fruto con una elevada caída de junio, grande, elipsoidal y simétrico. Piel de color rojo violáceo, muy oscura, y cubierta de pruina. Pulpa amarilla, consistente, poco adherida al hueso y de sabor mediocre. Madura entre principios y mediados de septiembre.

4.2. Adaptación ecológica

Bajo un punto de vista climático, existen marcadas diferencias entre los ciruelos europeos y los japoneses. Los primeros son de zona templada y, por tanto, necesitan del frío invernal (800-1.300 HF). Aunque se adapta mejor en altitudes entre los 600 y 1.000 m, también lo hace en el litoral, donde se pueden obtener cosechas excelentes. Dada su floración tardía, no parecen afectarle demasiado las heladas primaverales. Los ciruelos japoneses, que son árboles de zona templado-cálida, también acusan mucho los inviernos suaves, tras los que la vegetación se inicia con dificultad. A pesar de ello, son mucho menos exigentes en frío y por eso se adaptan bien a zonas relativamente cálidas y con menor riesgo de heladas primaverales.

El ciruelo es una de las especies frutales que mejor se adapta a diferentes tipos de suelo. Sus raíces tienden a la superficialidad, pero en terrenos arcillosos y con pH elevado la asfixia radicular y la clorosis férrica acaban siendo los factores limitantes de su cultivo. Son sensibles a la salinidad.

La densidad de plantación oscila entre 5×3 m y 6×3 m, esto es, 500-800 árboles por ha, con marcos más estrechos para los cultivares con porte erguido. Por otra parte, dada la autoincompatibilidad de la mayoría de los cvs., se recomienda intercalar árboles de otros cvs. compatibles y coincidentes en la época de floración.

Las variedades precoces pueden cultivarse, no sin algunos problemas, en el secano de climas áridos, con pluviometrías de 200-300 mm/año. Las que maduran en junio-julio pueden cultivarse en regiones con pluviometrías de 400-500 mm/año. Las tardías exigen del riego, de lo contrario el fruto se desprende del árbol y/o queda de pequeño tamaño.

4.3. Nutrición. Fertilización

Las extracciones de elementos minerales del ciruelo han sido evaluadas, por t de cosecha, en 3 kg de N, 1 kg de P (como P_2O_5) y 5 kg de K (como K_2O). En

general, el ciruelo es menos exigente en N que el resto de las especies frutales, pero requiere mayores contenidos foliares en K. Las necesidades de P son similares a las de otras especies. Entre los ciruelos, sin embargo, existen diferencias de modo que, en general, los ciruelos japoneses son más exigentes en N que los europeos.

Los niveles foliares críticos de los elementos minerales en los ciruelos, se presentan en la tabla 13.2.

TABLA 13.2

Niveles foliares de elementos minerales en los ciruelos. Valores expresados sobre materia seca

		Niveles	
	Deficiencia	Optimo	Toxicidad
Macronutrientes (%)			
Nitrógeno	≤ 1,20	2,30	≥ 4,00
Fósforo	≤ 0,06	0,20	≥ 0,70
Potasio	≤ 0,60	2,00	≥ 4,50
Calcio	≤ 0,20	2,00	≥ 5,00
Magnesio	≤ 0,20	0,60	≥ 2,50
Micronutrientes (ppm)			
Hierro	≤ 30	150	≥ 550
Zinc	≤ 8	50	≥ 200
Manganeso	≤ 15	50	≥ 400
Cobre	≤ 1	20	≥ 100
Molibdeno	≤ 0,2	0,6	≥ 1
Boro	≤ 20	60	≥ 100

Fuente: Cobianchi *et al.*, 1989.

En relación a la fertilización, se aconseja un **abonado de fondo** a realizar en el verano-otoño anterior a la plantación, incorporando al suelo, con labor de veredera o localizadores en profundidad, 25-30 t/ha de estiércol, 200-300 kg/ha de P_2O_5 y 500-600 kg/ha de K_2O . Como **abonado de restitución** se recomienda, para una producción media de 20 a 30 t/ha y en riego localizado, una aportación anual de 100-125 UF/ha de N, 75-80 UF de P (P_2O_5) y 130-140 UF/ha de K (K_2O); en el caso de riego por inundación se aconseja aumentar en un 25% las dosis indicadas.

La mitad de la dosis anual de N debe aplicarse 20 ó 30 días antes de la floración, para favorecer el cuajado; la otra mitad debe aplicarse durante el desarrollo del fruto. Debe tenerse en cuenta, con relación a las dosis fertilizantes y a la fecha de fertilización, que el nitrógeno puede retrasar la maduración del fruto. La absorción de P y K es más intensa al inicio del ciclo vegetativo, por lo que recomienda su aplicación a la salida del invierno.

5. El melocotonero

La producción de melocotones en el mundo asciende a $12,8 \times 10^6$ t (valores para 2003 de FAOSTAT). China es la primera productora, con más de 4 millones de t, seguida de Italia ($1,6 \times 10^6$ t) y EE.UU. ($1,4 \times 10^6$ t). España ocupa el cuarto lugar con más de 70×10^3 ha, el 90% en regadío, y una producción cercana a $1,0 \times 10^6$ t. Cataluña, con más de 17.000 ha y una producción superior a 325×10^3 t, ocupa el primer lugar, seguida de Murcia y Aragón, con unas 15×10^3 ha cada una y una producción de 295×10^3 t y 254×10^3 t, respectivamente; en Andalucía se cultivan 9×10^3 ha con una producción de 166×10^3 t, y en la Comunidad Valenciana cerca de 9×10^3 ha que producen algo más de 92×10^3 t.

Arbol caducifolio, de porte erecto, alcanza hasta unos 6 m de altura. Tronco robusto y madera fuerte de color gris, con una tonalidad rojiza. Hojas lanceoladas, largas, de bordes aserrados o doblemente dentados, de color verde claro y limbo ligeramente ondulado. Flores localizadas mayoritariamente en ramos mixtos, pentámeras, de color rosa, con numerosos estambres y hermafroditas. El fruto es una drupa con el exocarpo liso o pubescente, según la forma botánica, de forma globosa, con alguna excepción, y con una línea de sutura no muy profunda; el mesocarpo, dulce y aromático, es de color amarillo o blanco, a veces con una tonalidad roja, duro o blando, y está o no adherido al exocarpo; éste está lignificado y es liso o presenta pequeñas cavidades lobulares. La semilla posee cubiertas de color marrón y cotiledones blancos.

5.1. Clasificación agronómica

El melocotonero, *Prunus persica* L. Batsch, contiene las formas *vulgaris*, o melocotonero común, *leavis* DC, o nectarina, y *platycarpa*, o paraguay. Tanto las nectarinas como los paraguayos se derivan, por mutación, de los melocotoneros comunes. Las únicas diferencias entre estos dos son la ausencia de tomentosidad en la piel de las primeras y la forma aplastada de los segundos. La principal producción es de melocotones, mientras que las nectarinas apenas alcanzan el 10% del total y la de paraguayos es escasa.

La investigación en la obtención de variedades cobra, probablemente, su mayor intensidad en el melocotonero. Ello hace difícil establecer qué variedades en cultivo son las más importantes ya que se cambia con relativa frecuencia de acuerdo con las exigencias comerciales; es difícil que un cultivar tenga vigencia más allá de 15 años. Por otra parte, es tal el número y variedad de cultivares existentes que su clasificación se hace dificultosa. Así, puede hacerse por su época de maduración, pero dado que ésta abarca, en las condiciones de cultivo mediterráneas, desde principios de mayo ('Maravilha') hasta octubre ('Calanda'), la gradación resulta muy prolija y difícil de definir. También se puede hacer según la tomentosidad del exocarpo y la adherencia del endocarpo al mesocarpo (Tabla 13.3), dando lugar a cuatro grupos de cultivares de distinto valor comercial. La clasificación en

melocotones de pulpa dura y blanda también ha sido utilizada, aunque ello no afecta a las nectarinas (no existen las de pulpa dura). Finalmente la clasificación más extendida hace referencia al color de la pulpa, distinguiéndose entre melocotones y nectarinas de carne blanca y amarilla (Badenes *et al.*, 1999).

TABLA 13.3
Clasificación general de melocotones y nectarinas

Piel	Tomentosa		Lisa	
Hueso	Semi-libre	Adherente	Libre	Adherente
Tipo	Melocotón	Pavía	Nectarina	Bruñón
Destino	Mesa	Industria	Mesa	Industria

Melocotones

- *Flordastar*. También conocido como 'Sherman'. Arbol vigoroso, de porte semierecto, muy productivo y poco exigente en frío (≈ 250 HF). Fruto grande y redondo. Piel de color rojo intenso sobre fondo amarillo-anaranjado y escasa pubescencia. Pulpa consistente, amarilla y buen sabor. Madura la segunda semana de mayo.

- *Springtime*. Arbol vigoroso, productivo y poco exigente en HF (≈ 450). Fruto de tamaño mediano a pequeño, ovalado y ligeramente puntiagudo por la zona estilar. Piel de color rojo, ligeramente tomentoso (Foto 13.6). Pulpa consistente, blanca y de sabor discreto. Representa alrededor del 4% de la superficie del cultivo del melocotonero en España. Madura entre finales de mayo y principios de junio.

- *Maycrest*. Originada por mutación de la variedad 'Springcrest'. Arbol vigoroso, productivo y medianamente exigente en frío (≈ 650 HF). Fruto esférico y de tamaño medio. Piel de color rojo intenso, con sutura de color amarillo. Pulpa consistente, amarilla y de buen sabor. Madura a mediados de junio.

- *Springcrest*. Arbol vigoroso, muy productivo y medianamente exigente en frío (≈ 600 HF). Fruto esférico, regular y de buen aspecto. Piel de color rojo. Pulpa amarilla, firme y de buen sabor. Representa alrededor del 6% de la superficie del cultivo del melocotonero en España. Madura durante la segunda quincena de junio.

- *Flavorcrest*. Arbol vigoroso y muy productivo. Fruto de tamaño medio y redondo. Piel de color rojo vivo, jaspeada. Pulpa consistente, amarilla, ligeramente veteada de rojo en las proximidades del hueso y de sabor discreto. Madura la primera quincena de julio.

- *Maruja*. Arbol vigoroso, medianamente productivo y poco exigente en frío invernal (≈ 450 HF). Fruto de tamaño mediano a grande, acorazonado y puntiagudo en su zona estilar. Piel muy vellosa, amarilla estriada de rojo. Pulpa amarilla, dura y de muy buen sabor. Su cultivo representa en España el 12% del total del destinado al melocotonero. Madura a mediados de julio.

- *Catherina*. También denominada 'Frederica'. Arbol muy vigoroso y productivo. Fruto de tamaño medio y esférico. Piel de color amarillo-naranja, con chapa roja. Pulpa amarilla, dura, jugosa y de buen sabor y aroma. Buena resistencia al manipulado y transporte. Madura la segunda quincena de julio.

- *Baby Gold*. Arbol vigoroso, productivo y relativamente exigente en frío (≈ 750 -800 HF). Fruto de buen tamaño y esférico ligeramente oblongo. Piel de color amarillo-naranja con un 40%-70% de su superficie más o menos estriada de color rojo. Pulpa dura, jugosa y amarilla con un ligero veteado de rojo en las proximidades del hueso. Es una variedad población cuyos clones difieren en la época de maduración; en España se cultivan el 'Baby Gold 5' y 'Baby Gold 6', que maduran entre principios y mediados de agosto, el 'Baby Gold 7', que lo hace a mediados, y el 'Baby Gold 9', que madura a finales de dicho mes.

- *Sudanell*. Arbol vigoroso, productivo y relativamente exigente en horas frío (650-750). Fruto grande y redondo. Piel amarilla, con alguna punteadura o estría de color rojo y muy vellosa. Pulpa amarilla, crujiente, jugosa y de muy buen sabor. Es una variedad población cuyos clones difieren en la época de maduración, aunque los más cultivados en España maduran la segunda decena de agosto ('Sudanell 2') y a finales de dicho mes ('Sudanell 3').

- *Calanda*. Constituye un grupo de variedades muy tardías. Árboles vigorosos, productivos y bastante exigente en frío (≈ 800 HF). Frutos de tamaño muy grande y esféricos. Piel de color amarillo con alguna tonalidad rojiza (Foto 13.6). Pulpa

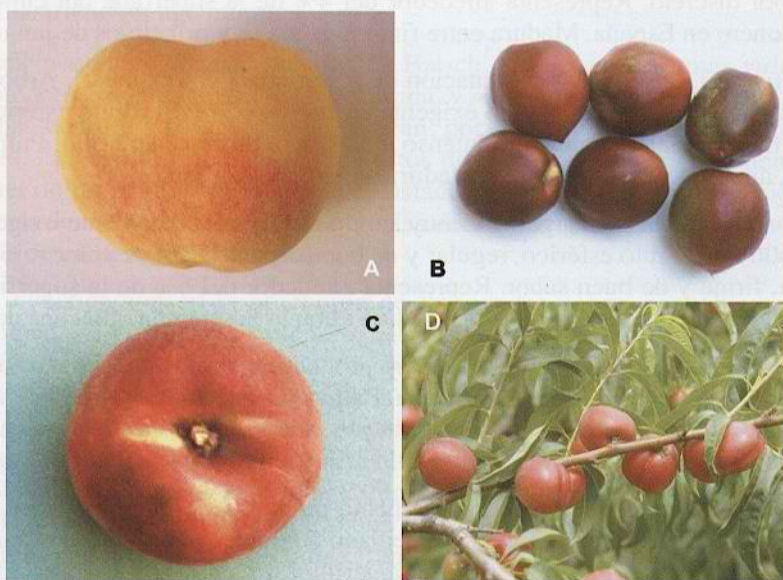


Foto 13.6. Frutos de melocotonero cvs. 'Calanda' (A) y 'Spring Lady' (C) y nectarinas cvs. 'Maybelle' (B) y 'Zincal-5' ('May Glo') (D).

amarilla, muy dura y con gran capacidad de conservación en frío. Las variedades más difundidas son la 'Miguel', que madura a finales de septiembre, la que lo hace a mediados de octubre y la 'Tardío de Calanda', que madura a finales de octubre-principios de noviembre. Como distinción de su cultivo puede destacarse el embolsado individual de frutos.

Paraguayo

Arbol de escaso vigor, porte caído y poco exigente en frío. Fruto de tamaño medio a pequeño, aplastado y muy característico. Piel de color verde rojiza. Pulpa blanca, blanda, muy jugosa, aromática y de muy buen sabor. Madura a finales de julio-principios de agosto.

Nectarinas

- *Mayfire*. Arbol de vigor medio, productivo y medianamente exigente en frío (650 HF). Fruto de tamaño medio, redondo. Piel de color rojo intenso. Pulpa amarilla y de sabor discreto. Madura a principios de mayo.

- *Zincal 5* o *May Glo*. Arbol muy vigoroso, productivo y poco exigente en frío invernol (400 HF). Fruto de tamaño medio, esférico y piel de color rojo claro (Foto 13.6). Pulpa amarilla, y de sabor discreto. Madura entre mediados y finales de mayo.

- *Maybelle*. Arbol muy vigoroso, productivo y poco exigente en frío invernol (400 HF). Fruto de tamaño medio y forma ligeramente elíptica; piel de color rojo intenso, con fondo amarillo (Foto 13.6). Pulpa amarilla, separada del hueso y sabor escaso. Muy precoz, madura entre mediados y finales de mayo.

- *Silver King*. Arbol muy vigoroso, de porte erecto y productivo. Fruto de tamaño medio, ligeramente ovalado, de color rojo intenso sobre fondo amarillo claro. Pulpa blanca y sabor aceptable. Madura a finales de mayo.

- *Armking-II*. Arbol de buen vigor, productivo. Fruto de tamaño mediano a grande, irregularmente redondeado y ligeramente alargado. Piel de color rojo anaranjado. Pulpa amarilla, semiadherida al hueso, ligeramente ácida y de buen sabor. Madura entre finales de mayo y principios de junio.

- *Snow Queen*. Arbol vigoroso, productivo y exigente en frío (750 HF). Fruto de tamaño medio y de forma oval. Piel de color rojo brillante en más del 80% de su superficie. Pulpa blanca de muy buen sabor. Madura a lo largo del mes de junio.

De entre las variedades descritas, solamente la 'Springtime', en melocotones, y la 'Snow Queen' y 'Silver King', en nectarinas, son de carne blanca. Respecto de la dureza, 'Baby Gold', 'Maruja', 'Sudanell', 'Catherina' y 'Calanda' son melocotones de pulpa dura.

Son variedades para industria 'Baby Gold', 'Sudanell', 'Catherina' y 'Calanda', aunque pueden ser comercializadas, también, como fruta de mesa, en particular las dos últimas.

5.2. Adaptación ecológica

En el hemisferio norte, el paralelo 50° N se considera la latitud límite para el cultivo del melocotonero; al sur el límite lo condiciona la exigencia en frío invernal. Las temperaturas límite que puede soportar esta especie oscilan alrededor de los -20° C, aunque a -15° C la mayoría de las variedades sufren daños en las yemas de flor. En la Cuenca Mediterránea las variedades a cultivar no deben ser muy exigentes en frío; aquellas que necesitan menos de 700-750 HF pueden cultivarse sin dificultad en la franja litoral.

Un aspecto de interés son las heladas primaverales, que pueden acabar con la cosecha. El melocotonero florece, según las variedades y las zonas de cultivo, desde finales de enero a mediados de abril, periodo en el que las temperaturas pueden descender peligrosamente. La flor de esta especie resiste hasta los -3° C ó -4° C, según su estado de desarrollo, pero los frutos recién cuajados se hielan a -1° C.

Los melocotoneros vegetan bien en suelos bien provistos de materia orgánica y próximos a la neutralidad. Estas plantas son muy sensibles a la asfixia radicular, por eso requieren de suelos francos, sueltos, profundos ($\geq 1-1,5$ m) y con subsuelos permeables.

La producción de frutos de calidad, particularmente en variedades tardías, requiere de un aporte hídrico adecuado. Esta especie es exigente en agua, hasta el punto de que en zonas templado-cálidas, como la mediterránea, no es posible cultivar melocotoneros sin riego.

Finalmente, su sensibilidad a la caliza activa impide su cultivo en suelos con un porcentaje de ésta entre el 2% y el 3%.

5.3. Nutrición. Fertilización

En el melocotonero, las extracciones minerales por t de cosecha se han establecido en 40-45 kg de N, 1 kg de P (como P_2O_5) y 40-50 kg de K (K_2O). Los niveles foliares críticos de los elementos minerales se presentan en la tabla 13.4.

En general, la fertilización anual de plantaciones adultas de melocotonero puede estimarse por ha en 100-140 UF de N, 50-60 UF de P (como P_2O_5) y 130-150 UF de K (K_2O). Las aportaciones de N deben efectuarse repartidas en tres épocas: desde unos 20 días antes de la brotación hasta el cuajado del fruto, desde el cuajado hasta el cambio de color del fruto, y después de la recolección. El K se recomienda aplicarlo en la segunda de las épocas citadas y el fósforo en la tercera.

En la tabla 13.5 se presenta un plan de fertirrigación para plantaciones adultas de 500 árboles /ha y los fertilizantes a aportar.

TABLA 13.4
Niveles foliares de elementos minerales en los melocotoneros.
Valores expresados sobre materia seca

		Niveles	
	Deficiencia	Optimo	Toxicidad
Macronutrientes (%)			
Nitrógeno	≤ 3,00	3,01-4,20	≥ 4,21
Fósforo	≤ 0,20	0,21-0,35	≥ 0,36
Potasio	≤ 1,50	1,51-2,25	≥ 2,26
Calcio	≤ 1,50	1,51-2,50	≥ 2,51
Magnesio	≤ 0,50	0,51-1,00	≥ 1,01
Micronutrientes (ppm)			
Hierro	≤ 100	101-200	≥ 201
Cinc	≤ 20	21-50	≥ 51
Manganeso	≤ 50	51-150	≥ 151
Cobre	≤ 10	11-20	≥ 21
Boro	≤ 30	31-60	≥ 61

TABLA 13.5
Plan de fertirrigación de una plantación adulta de melocotoneros

- | | |
|------------------------------------|----------------------------------|
| • 20 días antes brotación-cuajado: | Fosfato monoamónico, 320 g/árbol |
| | Nitrato potásico, 800 g/árbol |
| | Quelato de Fe, 5 g/árbol |
| • Cuajado-cambio de color | Nitrato potásico, 800 g/árbol |
| • Después de la recolección | Fosfato monoamónico, 80 g/árbol |
| | Nitrato amónico, 270 g/árbol |

6. Estadios fenológicos de los frutales de hueso.

Codificación BBCH

Como en el caso de las *Pomoideas*, los estadios fenológicos de las *Prunoideas* están basados en los estudios de Fleckinger de los años 40 y también para ellas, Meier *et al.* (1994) establecieron la escala BBCH, cuyos estadios principales se presentan a continuación (Fig. 1). Como en aquellas, los estadios 2 (desarrollo de brotes laterales) y 4 (desarrollo de las partes vegetativas cosechables) no tienen sentido y, por tanto, se omiten.

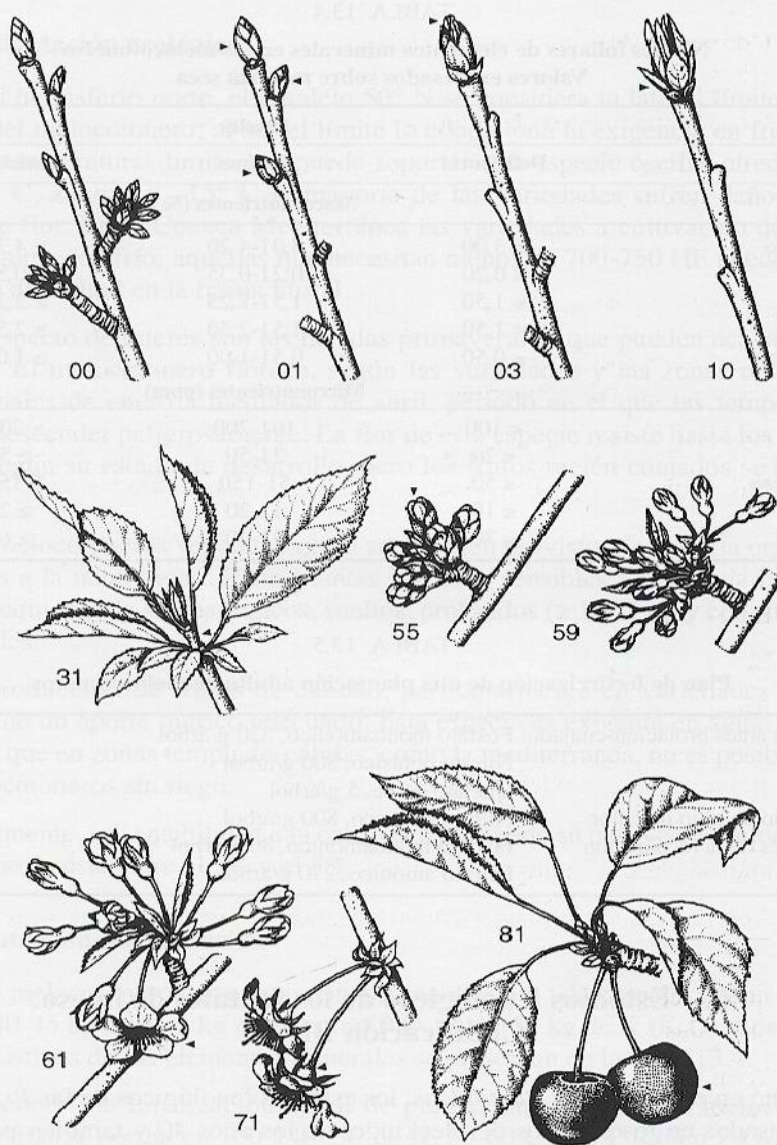


Figura 13.1. Estadios BBCH del desarrollo de los frutales de hueso (Fuente: Meier *et al.*, 1994).

Estadio principal 0. Desarrollo de las yemas

00. Letargo: yemas de madera y de flor cerradas y cubiertas de escamas marrón-oscuro.
01. Comienzo del hinchado de las yemas de madera: escamas, de marrón claro, visibles; escamas con filos ligeramente coloreadas.
03. Fin del hinchado de las yemas foliares; escamas separadas; secciones de las yemas, verde claro, visibles.
09. Ápices foliares verdes, visibles; las escamas marrones caen; las yemas florales encerradas por escamas verde claro.

Estadio principal 1. Desarrollo de las hojas

10. Primeras hojas se separan; las escamas verdes comienzan a abrirse; las hojas comienzan a emerger.
11. Primeras hojas desplegadas; eje del brote en desarrollo, visible.
19. Las primeras hojas han alcanzado su tamaño varietal final.

Estadio principal 3. Crecimiento longitudinal de los brotes terminales

31. Empieza a crecer el brote: los ejes de los brotes en desarrollo, visibles.
32. Brotes, con un 20% de la longitud varietal final.
39. Brotes con 90% de la longitud varietal final.

Estadio principal 5. Aparición del órgano floral

51. Yemas de la inflorescencia hinchadas: yemas cerradas; escamas, de color marrón claro, visibles.
53. Apertura de las yemas: escamas separadas; sectores de las yemas, verde claro, visibles.
54. Inflorescencia encerrada por escamas verde claro si las escamas existen (no todas las variedades las tienen).
55. Yemas florales simples (aún cerradas) sobre pedúnculos cortos; escamas verdes, ligeramente abiertas.
56. Los pétalos florales alargándose; sépalos cerrados; flores simples separándose.
57. Sépalos abiertos; ápices de los pétalos, visibles; flores simples con pétalos blancos o rosados.

59. Estadío de botón blanco o rosa: la mayoría de las flores con pétalos formando una bola hueca.

Estadio principal 6. Floración

60. Primeras flores abiertas.
61. Comienzo de la floración: alrededor del 10% de las flores están abiertas.
65. Plena floración: alrededor del 50% de las flores están abiertas.
67. Flores marchitándose: la mayoría de los pétalos se han caído.
69. Fin de la floración: todos los pétalos caídos.

Estadio principal 7. Formación del fruto

71. Crecimiento del ovario; los frutos no cuajados, se caen.
72. El ovario, verde, rodeado de la corona de pétalos que mueren; los sépalos comienzan a caer.
73. Segunda caída de frutos.
75. Los frutos alcanzan alrededor del 50% del tamaño varietal final.
77. Los frutos alcanzan alrededor del 70% del tamaño varietal final.

Estado principal 8. Maduración del fruto

81. Los frutos comienzan a madurar: comienzo de la coloración del fruto.
85. Aumento de la coloración.
87. Madurez de recolección: los frutos tienen sabor varietal típico y firmeza óptima.
89. Madurez de consumo: frutos con sabor varietal y firmeza típicos.

Estadio principal 9. Senescencia y comienzo del reposo vegetativo

91. Los brotes han completado su desarrollo; follaje aún verde.
92. Las hojas comienzan a decolorarse.
93. Las hojas comienzan a caer.
95. 50% de las hojas decoloradas o caídas.
97. Todas las hojas caídas.
99. Letargo invernal (estadio para señalar tratamientos de poscosecha).

7. Plagas de los frutales de hueso

Las plagas más importantes que atacan a los frutales de hueso han sido estudiadas por García-Marí *et al.* (1994); los daños que producen se resumen a continuación.

- **Afidos.** Los pulgones que atacan a los frutales de hueso son el pulgón verde (*Myzus persicae* Sulzer), el pulgón negro (*Brachycaudus persicae* Pass) y el pulgón arinoso (*Hyalopterus pruni* Geoffr.). Atacan a las hojas por su envés, enrollándolas, llenándolas de melaza, decolorándolas y provocando su abscisión (Foto 13.7). Los daños también son indirectos, ya que debilitan el árbol y afectan, de este modo, al desarrollo del fruto.

- **Cóccidos.** Merecen destacarse dentro de este grupo de plagas el ‘Piojo de San José’ (*Quadraspidiotus perniciosus* Comst) y la cochinilla blanca (*Pseudaulacaspis pentagona* Targ.). Atacan al tronco, ramas, ramos y frutos, clavando su mandíbula en los tejidos formando una aureola roja, muy típica, con un escudo central de color pardo, en el primer caso, o blanco en el caso de la cochinilla blanca, de especial importancia en el caso de que sean los frutos los atacados. Los daños se manifiestan por un debilitamiento general del árbol y seca de ramas.

- **Lepidópteros.** Entre ellos cabe citar al minador *Zeuzera pyrina* L., que ataca a brotes jóvenes, siendo particularmente nefasto en plantaciones jóvenes, y a las polillas de frutos y brotes, *Grapholita funebrana* Tr., que ataca sobre todo al cirue-

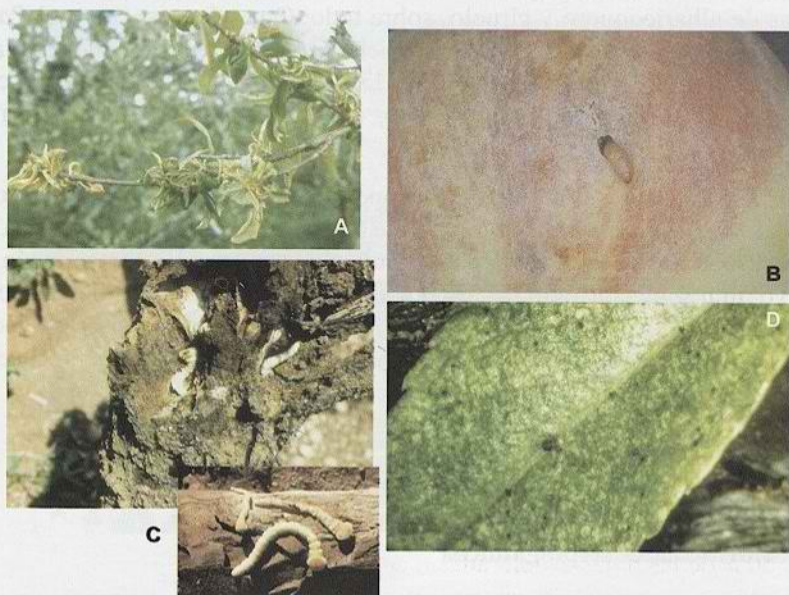


Foto 13.7. Síntomas foliares de ataque de áfidos a un melocotonero (A), una larva de *Grapholita molesta* saliendo de un melocotón (B), ataque de gusano cabezudo a un ciruelo (C) y síntomas en una hoja de melocotonero del ataque de *Panonychus ulmi* (D) (Fotos: F. García-Marí).

lo, *G. molesta* Busk, muy importante en melocotoneros, ciruelos y cerezos, a cuyos frutos ataca penetrando la larva en ellos por la cavidad peduncular y alimentándose de la pulpa (Foto 13.7), y *Anarsia lineatella* Zell, que provoca daños en todas las especies, pero sobre todo en melocotoneros tardíos, destruyendo brotes jóvenes y yemas recién injertadas y penetrando en el fruto casi maduro por las proximidades del pedúnculo hasta alcanzar el hueso, dejando exudaciones gomosas y provocando su caída.

- *Coleópteros*. El gusano cabezudo, *Capnodis tenebrionis* L. (Foto 13.7), es el más importante. Penetra en el tronco a la altura del cuello y escava galerías tanto por éste como por la raíz dejando, periódicamente, orificios al exterior por los que extrae el serrín de la madera atacada. Con ello debilita tanto al árbol que puede llegar a romperse. Su acción se desarrolla, sobre todo, por la zona del cambium, con lo que obstaculiza el transporte vascular, debilitando fisiológicamente al árbol. Su control debe ir dirigido a las larvas, por lo que se recomienda enterrar los productos plaguicidas.

- *Acaros*. Viven a expensas de los tejidos verdes, produciendo oscurecimiento, pequeñas hipertrofias y/o deformaciones en hojas, a las que ataca por el envés, y brotes; entre ellos se encuentran el *Aculus fockeuni* Nal. y Trt., o ácaro del melocotonero, aunque también ataca a cerezos y ciruelos, el *Eriophyes pardi* Nal., especialmente virulento en el ciruelo, y el *Eriophyes similis* Nal., que produce agallas blancuzcas o rojas en forma de bolsas casi esféricas, en el envés de las hojas de albaricoquero y ciruelo, sobre todo. Otros ácaros, como el *Panonychus ulmi* Koch y *Tetranychus urticae* Koch, viven a costa de las hojas a las que da un aspecto plumizo, el primero (Foto 13.7), y enrolla sobre su nervio central desde el envés, el segundo; ninguno de los dos es muy importante en los frutales de hueso.

- *Dípteros*. Una de las plagas más importantes de los frutales de hueso es la mosca del Mediterráneo o mosca de la fruta (*Ceratitis capitata* Wied). Ataca sólo a los frutos, sobre los que realiza la puesta; inicialmente no se presenta ningún síntoma, salvo un pequeño orificio dejado por el ovíscapo, pero con el tiempo se desarrollan en las proximidades del hueso varias larvas que lo pudren y provocan su caída. El ataque es más importante en las variedades tardías que las precoces, que apenas lo sufren. El fruto atacado no puede comercializarse.

8. Enfermedades

8.1. Enfermedades criptogámicas

- *Abolladura o lepra*. Enfermedad producida por el hongo *Taphrina deformans* (Berk.) Tul. y caracterizada por la aparición de deformaciones hipertrofiadas, de color rojizo, sobre las hojas jóvenes (Foto 13.8), que acaban cayendo, y defor-

maciones menores y entrenudos cortos y tortuosos en ramas jóvenes; los frutos también pueden ser atacados.

- **Chancro.** Caracterizada por la aparición de chancros elípticos situados en los ramos del año alrededor de las yemas y producidos por *Phomopsis amygdali* Oll. Estos se secan con el tiempo, produciéndose un agotamiento progresivo del árbol.

- **Cribado.** Forma pequeñas manchas en las hojas, a las que perforan, y pequeños chancros redondeados y con exudaciones gomosas en los ramos; también pueden verse afectadas las yemas y los frutos, sobre los que aparecen pequeñas puntaduras rojizas. Está originado por el hongo *Stigmina carpophila* (Lev.) Aderh.

- **Roya.** Enfermedad producida por el hongo *Tranzschelia pruna-spinosae* var. *discolor* (Fuckel.) Dunega, que ataca a las hojas del melocotonero, produciendo pequeñas manchas amarillentas en el haz que se corresponden con las fructificaciones esporígenas del envés y que se muestran a modo de pústulas; puede provocar la abscisión de hojas.

- **Moniliosis.** Enfermedad debida al hongo *Monilia laxa* (Aderh. y Ruhl) Honey. Sobre los ramos produce desecaciones, fisuras, exudaciones gomosas y chancros, mas o menos abiertos; a las flores las deseca y sobre los frutos produce manchas circulares parduzcas. Su ataque es muy rápido, y resultan especialmente sensibles las nectarinas, a cuyos frutos acaba pudriendo totalmente (Foto 13.8).

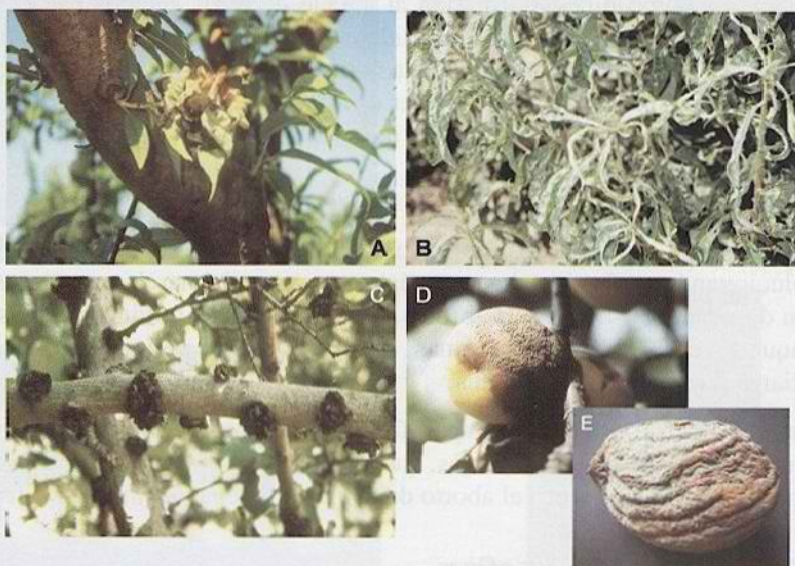


Foto 13.8. Síntomas de abolladura o lepra (A), oidio (B) y tumores aéreos causados por *A. tumefaciens* (C) en el melocotonero. Moniliosis en melocotones (D) y nectarinas (E).
(Fotos: A, B, D y E: J. García-Jiménez; C: A. Alfaro, q. e. p. d.).

- *Moteado*. Ataca hojas, ramos y frutos, produciendo pequeñas zonas necróticas y chancrosas; en las hojas, sin embargo, apenas son perceptibles. El hongo responsable es el *Cladosporium carpophilum* Thüm.

- *Oidio*. Las nectarinas son los frutos más sensibles a esta enfermedad producida por el hongo *Sphaeroteca pannosa* (Wallr.) Lév. Se producen eflorescencias blanquecinas sobre los órganos atacados (todos los de la planta), a los que desecan, necrosan y resquebrajan su epidermis (Foto 13.8).

- *Podredumbre del cuello*. Producida por *Phytophthora cactorum* (L.C.) Schroet. Ataca a la corteza, cambium y primeras capas de leño de la zona del cuello. Las zonas afectadas se vuelven pardas, exudan goma y se secan, produciendo un debilitamiento general.

- *Mal blanco de las raíces*. Esta enfermedad está producida por los hongos *Armillaria mellea* (Vahl ex Fr.) P. Karst, cuyo micelio se sitúa entre la corteza y el cortex de la raíz, y *Rosellinia necratix* (Hort.) Berl, que se coloca sobre su superficie, pudriéndola.

8.2. Bacteriosis

- *Tumores en el cuello y raíces*. También pueden aparecer en ramas. Causados por *Agrobacterium tumefaciens* Smith y Town, son de tamaño variable (de unos mm a varios cm; Foto 13.8) y sólo producen la muerte indirectamente al interferir en los tejidos de transporte. En árboles adultos provocan clorosis, enanismo y reducción de cosecha, así como hipersensibilidad al ataque de otros agentes patógenos. En plántulas de vivero causan elevadas pérdidas económicas, no sólo por el índice de mortalidad de éstas, sino porque la legislación vigente prohíbe la comercialización de las plantas con síntomas, que deben ser destruidas. Su control es indirecto, utilizando *Agrobacterium radiobacter*, capaz de ocupar el lugar de *A. tumefaciens* sin causar daños.

- *Chancro bacteriano*. Enfermedad producida por la bacteria *Pseudomonas syringae* Van Hall. Se inicia con la formación de necrosis sobre ramas y troncos que evolucionan hasta formar chancros; éstos provocan la marchitez progresiva del árbol, su desecación y muerte. En brotes, hojas y frutos se producen daños menores, aunque a veces el aborto de yemas, desecamiento de ramos de mayo y manchas foliares pueden ser importantes.

- *Mancha bacteriana*. Causada por *Xanthomonas campestris* (Hasse) Dye, produce manchas húmedas sobre las hojas, que se secan y caen. En ramas produce áreas necróticas, chancros y provoca el aborto de yemas. Mancha, además, a los frutos.

8.3. Virosis y enfermedades afines

- *Ring spot*. Se caracteriza por la presencia de manchas anulares necróticas sobre las hojas, defoliación, necrosis de yemas y decaimiento general del árbol.

- *CLSV*. Son las siglas de *chlorotic leaf spots virus*. Las plantas afectadas presentan manchas en los frutos, sobre todo los ciruelos, hendiduras en las ramas e incompatibilidades entre el injerto y el patrón.

- *Sharka*. Produce bandas y anillos cloróticos en las hojas y en los frutos; éstos últimos, además, se deforman y presentan gran cantidad de depresiones, más o menos lineales, de trazado irregular sobre la superficie; en el albaricoquero las deformaciones alcanzan al hueso (Foto 13.9). La sharka es especialmente importante en el albaricoquero, cuyos frutos también presentan manchas y anillos cloróticos en el hueso.

- *Viruela*. Origina malformaciones y depresiones del fruto, así como alteraciones de su coloración.

- *Enrollamiento clorótico*. La presencia de este virus anticipa la brotación, da lugar a una floración escasa e irregular, necrosa la corteza de las ramas y reduce la producción.

- *X-Disease*. Se denomina enfermedad X del melocotonero a la producida por un viroide que origina un abarquillamiento de hojas, con necrosis de sus bordes y caída final. La producción se reduce tanto por la menor diferenciación de yemas de flor como por la caída de frutos.

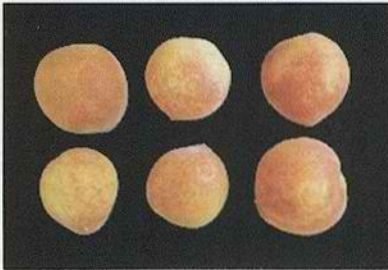
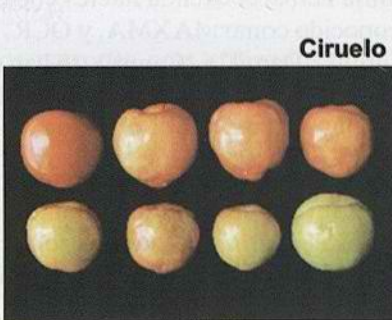
**Melocotón****Albaricoque****Ciruelo**

Foto 13.9. Síntomas de *sharka* en frutos de melocotonero y ciruelo y en frutos y hojas de albaricoquero.

• *Little cherry* y *Enfermedad de Molières*, están producidas por dos viroides que provocan el decaimiento, pérdida de cosecha y reducción de tamaño del fruto de cerezos, la primera, y cerezos y ciruelos, la segunda.

9. Patrones

En los frutales de hueso se utilizan como patrones plantas pertenecientes a cualquiera de las cuatro especies estudiadas. Sin embargo, la afinidad entre especies, las características del suelo, el interés en exaltar un determinado carácter del fruto, etc., aconsejan utilizar uno u otro. Aquí se revisan las características de aquellos que, con regularidad, son utilizados en la fruticultura mundial; una información más extensa puede obtenerse de la revisión de Felipe (1989).

El **albaricoquero franco** que se emplea como patrón es, siempre, *P. armeniaca* L. En España, suelen utilizarse semillas de las variedades 'Canino' y 'Real Fino', ya que son las más cultivadas y más industrializadas, lo que favorece la obtención de aquellas.

Los cerezos que se utilizan como patrones son: 1) el **cerezo franco**, dulce, *Prunus avium* L., de gran afinidad y cuyas semillas se obtienen a partir de las industrias que procesan las cerezas para conserva, confitería, etc.; de él se han seleccionado varios clones en los países productores, de entre los que el **clon F-12/1**, obtenido en la estación experimental East Malling (UK), es de mayor homogeneidad y resistente al chancro bacteriano; 2) el **cerezo Lucía**, *P. mahaleb* L., cuyos patrones francos proceden de semillas de frutos procedentes de plantas destinadas sólo a su producción; la **selección clonal INRA-S.L.-64**, obtenida en la estación experimental francesa La Grande Ferrade, se obtiene por multiplicación vegetativa y está libre de virus; 3) el patrón franco procedente de semillas de cerezas ácidas, o guindas, *P. cerasus* L., cuyo origen es, casi exclusivamente, la industria conservera; de él, la selección clonal '**Stokton Morello**', que induce enanismo, lo que es de gran interés en las nuevas plantaciones, y la selección clonal '**Masto de Montañana**', que se propaga por estacilla herbácea, tienen interés comercial; 4) otros, como los clones M x M, también conocido como MAXMA, y OCR, híbridos de *P. avium* x *P. mahaleb*, y los GM ('Inmil', 'Damil' y 'Camil'), se han seleccionado por diferentes razones, pero se tiene de ellos escasa experiencia, por lo que apenas se utilizan todavía.

De los patrones pertenecientes a los ciruelos se distinguen los de crecimiento lento y de crecimiento rápido. De entre los primeros los más importantes son el ciruelo **Julián** y el ciruelo **Damas**, ambos *P. insititia* L., con sus selecciones clonales **Julián-A**, seleccionado en East Malling, **INRA-Julián-655-2** seleccionado en La Grande Ferrade, ambos a partir de semillas de Julián de Orleans, **Pollizos de Murcia** (*P. insititia*), procedente de la propagación de sierpes de árboles de ciruelo Julián introducidos en dicha región hace siglos y

considerados autóctonos; también se incluye aquí el **INRA-Damas-1869**, seleccionado de entre los Damas de Tolouse por La Grande Ferrade (probablemente híbrido de *P. domestica* × *P. spinosa*). De entre los segundos, los únicos francos que se utilizan son los de **Mirobolán** (*Prunus cerasifera* Ehrh.) y cuyas semillas se obtienen a partir de árboles silvestres o cultivados expresamente para ello; el **Mirobolán-B-E.M.** es un clon seleccionado en East Malling con una amplia adaptación y el más utilizado de entre todas sus selecciones; a este grupo de patrones también pertenece el **INRA-Mariana-GF-8-1**, y el **Mariana-2624**, seleccionados en La Grande Ferrade y en la Universidad de California, respectivamente, de entre plantas procedentes de semillas de Mariana (*P. cerasifera* × *P. munsoniana*).

Los patrones **francos de melocotonero** proceden de semillas de *Prunus persica* obtenidas a partir de frutos de árboles silvestres, de frutos utilizados en la industria conservera y de frutos de árboles cultivados exclusivamente para ello. Su mayor problema es ser sensibles a los problemas de replantación («suelo cansado»). De entre ellos se utilizan patrones francos procedentes de variedades seleccionadas, y así se dispone del patrón **Nemaguard**, seleccionado en California (EE.UU.) de entre plantas de semillas, probablemente de un híbrido entre *P. davidiana* y *P. persica* procedente del Extremo Oriente, del patrón **Nemared**, obtenido en la estación USDA de Fresno, California (EE.UU.), a partir de una selección de plantas de tercera generación del cruzamiento entre 'Nemaguard' y un melocotonero de hoja roja descendiente de 'Bond Brook', y del patrón **Monclair**, obtenido en La Grande Ferrade a partir de semillas de dicha variedad de melocotonero procedentes de Clermont-Ferrand (Francia).

Finalmente, también se utilizan como patrones de frutales de hueso, **híbridos interespecíficos** pertenecientes al género *Prunus*. Entre ellos los más importantes son el **INRA-GF-677**, híbrido entre melocotonero y almendro (*Prunus amygdalus* Batsch), seleccionado en La Grande Ferrade de entre una población de este híbrido natural encontrado en Lot et Garonne (Francia), y el **Adafuel** o Jaraguel-A.D.-1, clon libre de virus, seleccionado en la estación experimental de Aula (Zaragoza).

Los patrones más utilizados en albaricoquero son los francos de albaricoquero, Pollizos de Murcia, Mirobolán-B-E.M. y Mariana-2624. En cerezo se utilizan, sobre todo, el Lucía y su selección SL-64, y el *P. cerasus*. En ciruelo se emplean los patrones Mirobolán-B-E.M., Mariana-GF-8-1, Julián y su clon GF-655-2. Y en melocotonero los patrones más empleados son el franco, los híbridos GF-677 y Adafuel, y los ciruelos Julián, las selecciones Adesoto 101, Montizo y Mompol de los Pollizos de Murcia y Mirobolán-B-E.M.

En la tabla 13.6. se resumen las características más importantes de todos ellos en relación a su adaptación al medio.

TABLA 13.6

Comportamiento de los patrones de frutales de hueso frente a las condiciones del medio

	Adaptación a suelos	Sequía	Asfixia radicular	Caliza activa
Albaricoquero franco	m	Rm	S	R
Cerezo franco	m	S	S	S
F-12/1	m	S	S	—
Lucía franco	B	R	S	Rm
SL-64	m	R	S	R
<i>P. cerasus</i> franco	m	S	Rm	Rm
Stokton Morello	m	S	Rm	Rm
Julián-A	m	S	Rm	S
Julián-6552	m	S	Rm	R
Pollizo de Murcia	B	S	R	R
Damas-1869	B	S	R	R
Mirobolán-B-E.M.	m	Rm	Rm	Rm
Mariana-GF-8-1	B	S	R	Rm
Mariana-2624	B	S	R	Rm
Melocotonero franco	B	R	S	S
GF-677	B	R	Rm	Rm
Adafuel	B	R	Rm	Rm

m: Media; B: Buena; R: Resistente; Rm: Resistencia media; S: Sensible.

En las tablas 13.7 y 13.8 se resumen el comportamiento de estos patrones frente a enfermedades y sus características agronómicas más importantes.

TABLA 13.7

Comportamiento de los principales patrones de frutales de hueso frente a enfermedades

	Nematodos	Agrobact.	Phytoph.	Armilar.	Verticill.	Pseudomonas
Albaricoquero franco	R	S	S	S	S	—
Cerezo franco	Rm	S	S	Rm	S	—
F-12/1	—	S	—	—	—	R
Lucía franco	R	Rm	S	S	S	Rm
SL-64	Rm	R	S	—	S	—
<i>P. cerasus</i> franco	Rm	Rm	Rm	S	S	—
Stokton Morello	Rm	—	Rm	S	S	—
Julián-A	—	R	Rm	—	Rm	—
Julián-6552	Rm	—	R	—	Rm	R
Pollizo de Murcia	—	—	Rm	—	Rm	—
Damas-1869	—	—	Rm	—	Rm	R
Mirobolán-B-E.M.	S	S	Rm	S	Rm	Rm
Mariana-GF-8-1	Rm	Rm	—	R	Rm	—
Mariana-2624	Rm	Rm	Rm	Rm	S	S
Melocotonero franco	—	S	—	S	Rm	S
GF-677	S	S	Rm	—	—	—
Adafuel	S	Rm	Rm	Rm	Rm	—

R: Resistente; Rm: Resistencia media; S: Sensible.

TABLA 13.8

**Características agronómicas más importantes de los patrones más utilizados
en los frutales de hueso**

	Compat.	Vigor	Homog.	Product.	Entrada Prod.	Sierpes	Calidad	Madurac.
Albaricoquero franco	B	B	m	B	—	+	—	—
Cerezo franco	B	B	M	—	L	+	—	—
F-12/1	B	B	B	—	L	++	—	—
Lucía franco	B	m	M	B	R	+	—	—
SL-64	B	B	B	B	R	+	B	A
<i>P. cerasus</i> franco	m	m	m	—	R	+++	—	—
Stokton Morello	m	E	—	B	—	+++	—	—
Julián-A	B	m	m	B	R	++	B	—
Julián-6552	B	m	m	B	R	+	MB	U
Pollizo de Murcia	B	m	B	B	R	+++	B	U
Damas-1869	m	m	B	B	R	+++	B	—
Mírobolán-B-E.M.	m	B	B	B	L	+	—	D
Mariana-GF-8-1	m	B	B	B	—	+	B	—
Mariana-2624	m	m	B	B	—	++	—	A
Melocotonero franco	B	m	B	B	—	+	—	—
GF-677	B	B	B	B	R	+	m	—
Adafuel	B	B	B	B	R	+	m	—

MB: Muy buena; B: Buena; m: Mediana; M: Mala; L: Lenta; R: Rápida; +: poco; ++: bastante; +++: mucho; U: Uniforme; A: Adelanta; D: Retrasa; E: Enanizante.

10. Técnicas de cultivo

En los frutales de hueso, la **poda** adquiere una importancia relevante. En el albaricoquero y melocotonero la floración se sitúa en los ramos mixtos, pero con evoluciones diferentes. Así, en el primero las ramas se despoblan de flores en 4-5 años, desplazándose la producción hacia sus partes más apicales, pero en el melocotonero no se da esa tendencia; la poda debe ser en seco, fuerte y anual, con el fin de buscar la formación de ramos fructíferos. En aquellas variedades muy vigorosas está indicada la poda en verde para evitar un desarrollo excesivo que compita con el desarrollo del fruto. En el cerezo y ciruelo, sin embargo, la producción se sitúa sobre ramos de mayo (Foto 13.10) y necesitan, por tanto, podas ligeras que aseguren la iluminación y aireación del interior de la copa. El cerezo, por otra parte, soporta mal la poda en seco, por lo que debe realizarse una poda en verde y dirigida. En ambas especies la poda en seco se resume en eliminar ramas viejas, enfermas y afectadas de plagas.

La relación inversa existente en estas especies entre el número de frutos en desarrollo y su tamaño final, hace imprescindible el **aclareo de frutos**. Este se realiza manualmente antes de que el fruto inicie su fase lineal de desarrollo, y en la práctica se lleva a cabo durante la lignificación del endocarpo, lo que marca un estado fenológico claramente distinguible. La intensidad del aclareo es un factor importante de la respuesta perseguida; en general, se elimina entre un 50% y un 60% de los frutos que han iniciado el desarrollo, y se procura dejarlos equidistantemente distri-



Foto 13.10. El cerezo fructifica mayoritariamente en ramos de mayo.

buidos unos de otros a lo largo del ramo. El incremento del tamaño del fruto que se logra con ello permite obtener frutos entre un 40% y un 60% más grandes que si no se hubieran aclarado. La utilización de aclarantes químicos no es posible, todavía, ya que no consiguen una distribución adecuada de los frutos en el ramo.

Sin embargo, la inhibición parcial de la floración permite reducir sensiblemente el número de frutos que inician el desarrollo y, por tanto, los costes de aclareo. Los tratamientos se realizan con 50 mg l⁻¹ de ácido giberélico a finales de la primavera (finales de mayo-principios de junio, en las condiciones climáticas mediterráneas). Con ello se reduce la floración siguiente en, aproximadamente, un 50% y el coste de mano de obra de aclareo de frutos en una cuantía similar (Tabla 13.9). La cosecha no se modifica puesto que depende del número de frutos y éste es fijado por las condiciones de aclareo.

TABLA 13.9

Efecto de la aplicación de ácido giberélico durante la época de inducción floral sobre la floración de la primavera siguiente, tiempo de aclareo y la cosecha y sus características en el melocotonero y el ciruelo

Concentración (mg l ⁻¹)	Melocotonero		Ciruelo	
	0	50	0	50
Flores cm ⁻¹	5,1	2,6	5,8	3,2
Tiempo de aclareo (m)	52,6	32,7	64,5	34,0
Cosecha				
Ø/fruto (mm)	59,4	62,8	54,4	59,3
Kg árbol ⁻¹	36,0	32,1	40,6	38,6

Tratamiento efectuado con tanque a presión (25-30 atm.).

Adaptado de Baviera *et al.*, 2002 y González-Rossia *et al.*, 2003.

Finalmente, la respuesta depende de la cantidad de hormona aplicada por árbol, estableciéndose, para una reducción del 50% de la floración, en 0,5 g por árbol, para melocotoneros y ciruelos, y en 0,8 g por árbol para nectarinas, lo que debe ser tenido en cuenta según el equipo de aplicación que se utilice. No existe experiencia al respecto con albaricoqueros y cerezos.

El ácido giberélico inhibe la floración en las yemas presentes en el momento del tratamiento, pero dado que el brote sigue creciendo, serán las yemas formadas en su mitad terminal las que, mayoritariamente, traerán las flores; ello debe tenerse en cuenta en el momento de la poda con el fin de no eliminar la parte productiva de la campaña siguiente.

En estas especies, la precocidad es un factor esencial de su comercialización, ya que llegar antes al mercado supone incrementar notablemente los ingresos. Actualmente existen técnicas capaces de estimular el desarrollo del fruto y conseguir, de este modo, un adelanto de la recolección. El **rayado de ramas** (ver Capítulo 11) durante la fase de lignificación del endocarpo, y una vez se ha realizado el aclareo manual de frutos, consigue que el fruto inicie su desarrollo antes y de una manera más intensa, con lo que completa antes su crecimiento y, por tanto, madura antes. La realización de una incisión anular de 1 mm de anchura, aproximadamente, es suficiente para ello. Los resultados obtenidos son similares para todas las especies (Tabla 13.10).

TABLA 13.10

Efecto del rayado de ramas durante la lignificación del endocarpo sobre el porcentaje de frutos recolectados en la primera recolección.

Especie	Variedad	Controles	Rayados
Nectarina	Mayfire	33	49
	Maybelle	51	72
Melocotonero	Prime Rosa	61	79
	Candor	22	63
	Maycrest	58	80
	Richmay	11	92
	Flordastar	45	89
	Catherina	45	89
	Springlady	34	40
Albaricoquero	Canino	20	44
	Palabras	70	90
Ciruelo	Golden Japan	15	38
	Red Beauty	40	65

Fuente: Agustí *et al.*, 1998.

La **aplicación de auxinas de síntesis**, en la misma época señalada para el rayado, provoca una respuesta similar. Es de destacar que la acción de éstas no implica un incremento del tamaño final del fruto; el estudio comparativo de las

curvas de desarrollo de los frutos tratados y sin tratar sólo revela un crecimiento más rápido de los primeros que alcanzan antes, por tanto, su tamaño definitivo. Por tanto, la rentabilidad de estos tratamientos no sólo depende de la eficacia de la auxina, sino de la oportunidad en la recolección, de modo que si el momento óptimo se deja pasar, los frutos no tratados alcanzan a los tratados, en sus características comerciales (tamaño, color, sabor,...) y el efecto logrado carece de interés (Agustí *et al.*, 1997).



Foto 13.11. Rajado del fruto en nectarinas y cerezas.

Como consecuencia del estímulo provocado sobre el desarrollo del fruto, éste alcanza antes su climaterio y anticipa su maduración. La producción de etileno en los frutos tratados se inicia antes y alcanza también antes su máximo. Ello se debe al estímulo provocado por estas sustancias sobre la actividad ACC-oxidasa (Agustí *et al.*, 1999).

Las alteraciones fisiológicas más importantes de este tipo de frutos es la rotura del endocarpo (*split-pit*) y el rajado del fruto (*splitting*). En el primer caso, el hueso se parte por su región distal, segregando pequeñas cantidades de goma, y deja visible la semilla; todo ello reduce seriamente la calidad comercial de los frutos. Esta alteración es especialmente importante en el melocotonero, aunque también puede detectarse en albaricoques y ciruelos. Las cerezas no presentan este problema. El rajado del fruto se produce, generalmente, cuando a un periodo de relativa sequía le sigue otro de lluvias abundantes. Aparentemente, la absorción de agua por parte del mesocarpo excede de lo que puede soportar el exocarpo y el fruto revienta. Particularmente importante resulta este problema en nectarinas y cerezas (Foto 13.11). Actualmente, no existen técnicas eficaces para evitar estos desórdenes.

11. Referencias bibliográficas

- Agustí, M.; Almela, V.; Andreu, I.; Juan, M. y Zacarías, L. 1999. «Synthetic auxin 3,5,6-TPA promotes fruit development and climacteric in *Prunus persica* L. Batsch». *J. Hort. Sci. & Biotechnol.*, 74:556-560.
- Agustí, M.; Andreu, I.; Juan, M.; Almela, V. y Zacarías, L. 1998. «Effects of ringing branches on fruit size and maturity of peach and nectarine cultivars». *J. Hort. Sci. & Biotechnol.*, 73:537-540.
- Agustí, M.; Juan, M.; Almela, V.; Andreu, I. y Speroni, C. 1997. *Estímulo del desarrollo de los frutos de hueso*. Generalitat Valenciana, Ser. Divulgació Técnica, n.º 38, Valencia, España.
- Badenes, M.L.; Lorente, M.; Martínez-Calvo, J. y Llácer, G. 1999. *Variedades de melocotón y nectarina tempranas*, Generalitat Valenciana, Ser. Divulgació Técnica, n.º 46, Valencia, España.
- Badenes, M.L.; Martínez-Calvo, J.; García-Carbonell, S.; Villarrubia, D. y Llácer, G. 1997. *Descripción de variedades autóctonas valencianas de albaricoquero*, Generalitat Valenciana, Ser. Divulgació Técnica, n.º 41, Valencia, España.
- Baviera, B.; Juan, M.; Almela, V.; Gariglio, N. y Agustí, M. 2002. «La inhibición de la floración en el melocotonero (*Prunus persica* L. Bastcha) como técnica indirecta de aclareo de frutos». *Frutic. Prof.*, 125:15-28.
- Cobianchi, D.; Bergamini, A. y Cortesi, A. 1989. *El ciruelo*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Felipe, A.J. 1989. *Patrones para frutales de pepita y hueso*. Ed. Técnicas Europeas, S.A., Barcelona, España.
- Fideghelli, C. 1987. *El melocotonero*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Forte, V. 1992. *El albaricoquero*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- García-Marí, F.; Costa, J. y Ferragut, F. 1994. *Plagas agrícolas*. Agropublic, S.L. (Phytoma-España), Valencia, España.

- González-Rossia, D., Juan, M., Mesejo, Martínez-Fuentes, A., Gariglio, N. y Agustí, M. 2003. La inhibición de la floración en melocotoneros y ciruelos como técnica indirecta de aclareo de frutos. *Agrícola Vergel.*, 254: 79-89.
- Meier, U.; Graf, H.; Hack, H.; Hess, M.; Kennel, W.; Klose, R.; Mappes, D.; Seipp, D.; Stauss, R.; Streif, J. y Van den Boom, T. 1994. «Phänologische Entwicklungsstadien des Kernobstes (*Malus domestica* Borkh. und *Pyrus communis* L.), des Steinobstes (Prunus-Arten), der Johannisbeere (Ribes-Arten) und der Erdbeere (*Fragaria* × *Ananassa* Duch.)». *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.*, 46: 141-153.
- Rebour, H. 1971. *Frutales mediterráneos*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Vivaud, J.; Jacoutet, I. y Thivend, J. 1989. *El melocotonero. Referencias y técnicas*. Ed. Técnicas Europeas, Barcelona, España.

CAPITULO 14

CITRICOS

1. Introducción

La producción de cítricos en el mundo en 2002 se elevó a $104,5 \times 10^6$ t, según FAOSTAT (2003). Brasil, con $20,3 \times 10^6$ t, fue el primer productor, seguido de EE.UU., con $14,9 \times 10^6$ t y China, con $12,3 \times 10^6$ t. España ($5,7 \times 10^6$ t) ocupó la quinta posición detrás de México ($6,2 \times 10^6$ t).

El cultivo de los cítricos ocupa en España unas 300×10^3 ha. En la Comunidad Valenciana se cultivan mas de 190×10^3 ha y se producen unos $3,7 \times 10^6$ t; le sigue en importancia Andalucía, con 50.000 ha y $1,3 \times 10^6$ t de producción, Murcia, con 45.500 ha y 700×10^3 t, Cataluña (10.600 ha y 130×10^3 t) y Baleares (2.500 ha y 23.100 t).

El origen de los agrios se localiza en Asia oriental, en una zona que abarca desde la vertiente meridional del Himalaya hasta China meridional, Indochina, Tailandia, Malasia e Indonesia. Actualmente su cultivo se extiende por la mayor parte de las regiones tropicales y subtropicales comprendidas entre los paralelos 44° N y 41° S. En España, el cidro está presente desde el siglo VII, procedente de Italia. El naranjo amargo y el limonero llegaron de manos de los árabes en el siglo XI, a través de Africa y procedentes de Arabia. Del naranjo dulce se desconoce cuándo y cómo fue introducido en España y no existe ninguna referencia anterior al siglo XVI relativa a esta especie. El mandarino se introduce en España en el siglo XIX procedente, probablemente, de Palermo, Génova y Niza, donde se conocía ya su cultivo. Finalmente, el pomelo fue importado de EE.UU. en 1910.

En América se introducen de manos de los españoles y los portugueses que los llevan hasta Florida, México y Brasil (siglo XVII) y California (siglo XVIII). Los ingleses implantan su cultivo en Sudáfrica a mediados del siglo XVII. Y desde Brasil son introducidos en Australia a finales del siglo XVIII.

El género *Citrus* posee 16 especies de hoja perenne, aunque de duración variable entre ellas. El tamaño y la forma de los árboles es variable, desde erecta hasta globosa o desgarrada (Foto 14.1). La presencia de espinas en las axilas de las hojas es general, pero variable en dureza y tamaño. Las hojas son unifoliadas de tamaño grande (pomelos), mediano (naranjas y limones) o pequeño (la mayor parte de los mandarinos). Las flores también se organizan en inflorescencias uni y multiflorales, con o sin hojas (ver Foto 2.7), tienen 5 sépalos verdes, 5 pétalos blancos, 20-40 estambres soldados, con polen no siempre fértil, y 8-10 carpelos soldados. En las variedades con semillas, cada uno de ellos alberga entre 4 y 8 óvulos. El fruto está formado por un ovario simple de 8-10 carpelos soldados (segmentos) rodeados por una corteza resistente (ver Fotos. 14.2, 14.3, 14.4 y 14.5). Su forma es variable, desde esférica (naranjas) a esférico-aplanada (pomelos y mandarinas) u oval (limones). La pulpa está formada por vesículas, que contienen el zumo, unidas por un filamento vascular a las paredes de los segmentos. La corteza contiene numerosas glándulas de aceites esenciales y su color varía desde amarillo-verdoso (limas, limones y pomelos) a naranja más o menos rojizo (naranjas y mandarinas). Sus semillas, cuando existen, son ovoides o redondeadas y contienen uno o más embriones.



Foto 14.1. Árbol de naranjo dulce 'Navelate'.

Reuther (1967-1979), González-Sicilia (1968), Spina (1985), Loussert (1989), Massapina y Gonçalves (1995), Davies y Albrigo (1994), Agustí (2003) y Vacante y Calabrese (2009) han revisado en profundidad el cultivo de estas especies.

2. Clasificación botánica y agronómica

Las especies con interés comercial de los cítricos pertenecen al orden *Rutales*, familia *Rutaceas*, subfamilia *Aurantiodeas*, géneros *Fortunella*, *Poncirus* y *Citrus*.

El género *Fortunella* (kumquat) incluye cuatro especies de pequeños árboles y arbustos, *F. margarita* (Lour.) Swing., *F. japonica* (Thumb.) Swing., *F. polyandra* (Ridl.) Tan. y *F. hindsii* (Champ.) Swing. Estas plantas florecen en épocas más tardías que las especies del género *Citrus* y son moderadamente resistentes al frío. Los frutos son pequeños y de forma redondeada u oval y, a diferencia de otros cítricos, su corteza es dulce y comestible.

El género *Poncirus* posee una sola especie, *P. trifoliata* (L.) Raf., de árboles de tamaño medio, con hojas trifoliadas. Es la única especie de hoja caduca y presenta una elevada resistencia a las bajas temperaturas. Los frutos son pubescentes, formados por 8-13 carpelos soldados, y de sabor amargo. Sus semillas son globosas, de superficie rugosa y poliembriónicas. Actualmente se utiliza como portainjertos.

Las especies del género *Citrus* son las más importantes bajo el punto de vista agronómico. Su cultivo representa la producción de frutos para consumo en fresco y para su transformación en zumo. De estas especies, las principales variedades cultivadas en España son:

2.1. Naranja dulce (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck)

Las variedades de naranja se clasifican en los siguientes grupos:

Grupo Navel

Este grupo de variedades se distingue por la presencia de un segundo verticilo carpelar que, al desarrollarse, da lugar a un segundo fruto, muy pequeño, que queda incluido en el fruto principal por su zona estilar (Foto 14.2). El aspecto que toma se parece a un ombligo, lo que da nombre al grupo (*navel*, en inglés significa ombligo). En estas variedades el polen es estéril y el embrión aborta, por lo que no presentan semillas. Las variedades más importantes de este grupo son:

- *Navelina*. Arbol vigoroso. De aspecto globoso y tamaño medio. Fruto de color rojizo intenso. De tamaño medio, se presentan dos líneas, distinguibles por su forma redondeada y alargada, que no difieren, sin embargo, en productividad. De maduración precoz, puede recolectarse a partir de finales de octubre.
- *Washington navel*. Arbol de tamaño y vigor medios, con tendencia a florecer abundantemente. El fruto es de tamaño medio a grande, redondo o ligeramente oval, de corteza ligeramente rugosa, gruesa, relativamente fácil de pelar y de color naranja intenso. Se recolecta a partir de principios de diciembre.

- *Navelate*. Arbolado similar al 'Washington' navel, variedad de la que procede por mutación espontánea. Posee abundantes espinas, tendencia a florecer abundantemente y un bajo índice de partenocarpia natural. Sus frutos son de tamaño inferior a los de 'Washington navel', de coloración amarillento-rojiza, que se inicia en la zona peduncular, corteza fina, forma alargada o redondeada, que caracterizan las dos líneas encontradas en esta variedad, y maduración ligeramente más retrasada (desde principios de enero).

- *Lane late*. Arbol vigoroso, de follaje denso y hojas de color verde oscuro. Productivo y precoz en la entrada en producción. Fruto muy similar al de la variedad 'Washington' navel de la que procede, aunque con la corteza más fina, un ombligo menos pronunciado y menor contenido en principios amargos en su zumo. La recolección puede iniciarse a principios de enero, pero sus frutos maduran lentamente y pueden mantenerse en el árbol hasta el mes de mayo.

Grupo Blancas

Las características más notables de este grupo de naranjas son la ausencia de navel en sus frutos (Foto 14.2), una acidez, en general, inferior a la de otros grupos de variedades y una tendencia natural a la alternancia de cosechas.

- *Salustiana*. Arbol vigoroso, de tamaño medio a grande y marcada tendencia a la alternancia de cosechas. Fruto de tamaño medio a grande, de color poco intenso, corteza ligeramente rugosa, forma casi esférica y sin semillas. Madura en el mes de diciembre, pero puede mantenerse en el árbol hasta marzo sin pérdida de calidad.

- *Valencia late*. Arbol vigoroso y con buena adaptación a climas y suelos diversos. Fruto de tamaño medio a grande, esférico o ligeramente alargado, de color algo pálido y de corteza espesa pero fina. Prácticamente no tiene semillas. Elevado contenido en zumo y acidez relativamente elevada. De maduración tardía, se recolecta a partir de marzo, aunque puede mantenerse en el árbol en buenas condiciones durante varios meses, pero con el aumento de las temperaturas tiende a reverdecer.

Grupo Sanguinas

En España el cultivo de variedades pertenecientes a este grupo se halla en franca recesión. Su producción no alcanza el 1% de la total correspondiente a naranjas y la superficie dedicada a su cultivo es inferior a las 1.500 ha, tendiendo estas cifras a descender. Sin embargo, en Italia sigue siendo de gran importancia.

Los árboles de este grupo de variedades son, en general, pequeños, de follaje espeso y de color claro. Frutos de tamaño mediano a pequeño, de forma alargada o redondeados, de corteza fina, anaranjada y manchada de rojo por la presencia de

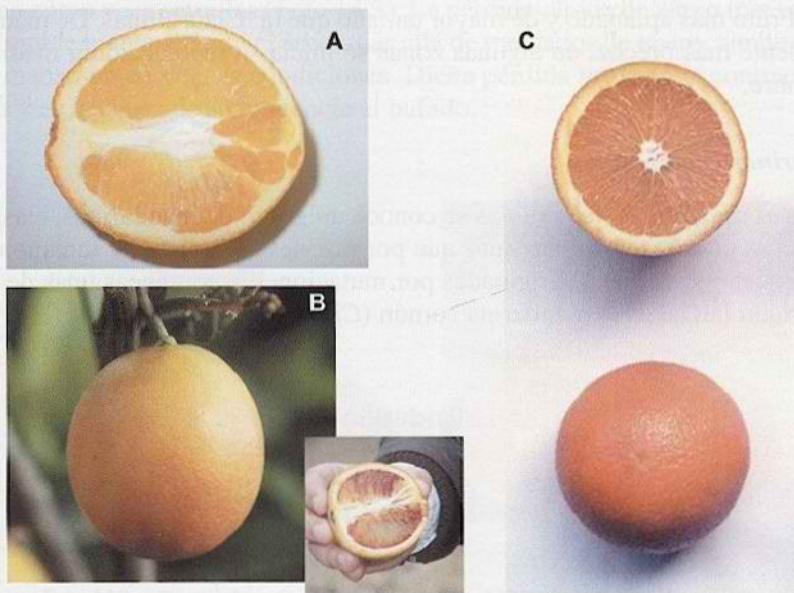


Foto 14.2. Frutos de naranjo dulce 'Navelate' (A), sanguina 'Doble Fina' (B) y blanca 'Salustiana' (C).

antocianos hidrosolubles (Foto 14.2). Su contenido en zumo es, en general, elevado. Posee algunas semillas (3-4 por fruto). Tiende a desprenderse cuando alcanza la madurez. Se recolecta a partir de enero.

Las variedades más apreciadas son la 'Doblefina', 'Entrefina' y 'Sanguinelli' en España y la 'Tarocco' y 'Moro' en Italia.

2.2. Mandarinas

Mandarina Satsuma (Citrus unshiu Marc.)

Las variedades más importantes de esta mandarina son las siguientes.

- *Owari*. Arbol vigoroso, poco poblado de hojas, con ramas largas, de mediano tamaño y productivo. Fruto de tamaño medio a pequeño, con alto contenido en zumo, de color naranja poco intenso, de forma aplanada, con la zona peduncular, en ocasiones, ligeramente aperada y con alta tendencia al bufado que desmerece su calidad, «per se» escasa (Foto 14.3). Madura a finales de octubre.

- *Clausellina*. Mutación espontánea de la Satsuma 'Owari'. Arbol de escaso vigor, productivo y con un tamaño del fruto superior al de ésta y más precoz que ella, lo que permite recolectarla a partir de mediados de septiembre.

- *Okitsu wase*. Clon nucelar de mandarina 'Satsuma' originado por polinización controlada. Arbolado de porte mediano y pendular, vigoroso, de follaje poco

denso. Fruto más aplanado y de mayor tamaño que la 'Clausellina'. De maduración ligeramente más precoz, en algunas zonas se inicia su recolección a mediados de septiembre.

Mandarinas Clementinas

Con el nombre de clementinas se conoce un grupo de mandarinas, clasificadas así más por cuestiones comerciales que por razones botánicas, de tamaño de fruto entre pequeño y mediano, originadas por mutaciones espontáneas unas de otras, y cuyo origen inicial es la mandarina común (*Citrus reticulata* Blanco) (Fig. 14.1).

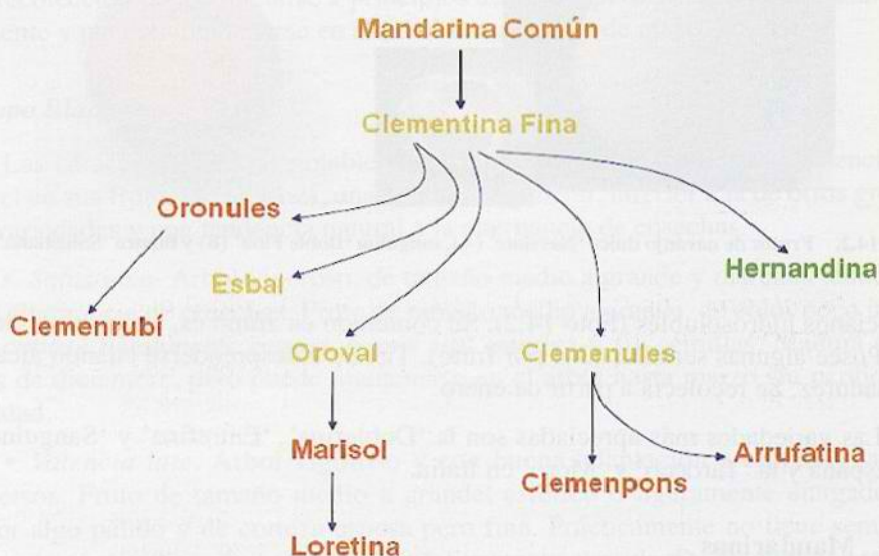


Figura 14.1. Principales variedades de mandarina Clementina cultivadas en España y sus rutas de mutación (Fuente: Agustí, 2003).

- **Fina.** Originaria de Argelia por hibridación casual entre mandarinas. Arbol de tamaño grande, buen vigor, de follaje denso. Productiva con un cultivo adecuado. Fruto de pequeño tamaño, de gran calidad organoléptica, rico en zumo, sin semillas. Dos problemas exigen un particular cuidado en esta variedad: su tamaño, que dificulta seriamente su comercialización; y la alteración de su corteza por envejecimiento rápido tras su maduración. Este último aspecto obliga a recolectarla en un corto periodo de tiempo (noviembre-diciembre), lo que provoca la caída de precios en el campo.

- **Clemenules.** Arbol grande, vigoroso. Productiva con un cultivo adecuado. Fruto de mayor tamaño que la 'Fina', de corteza ligeramente rugosa, elevado con-

tenido en zumo y sin semillas (Foto 14.3). La pérdida rápida de zumo tras su maduración impide mantenerla en el árbol más allá de mediados de enero, aunque la corteza se mantenga en buenas condiciones. Dicha pérdida provoca la contracción de la pulpa y es la causa de su tendencia al bufado.

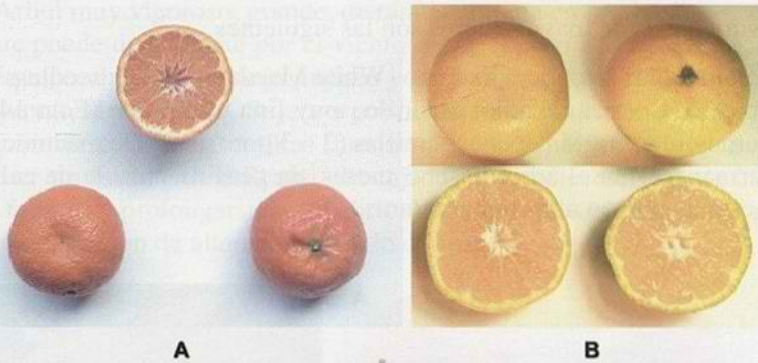


Foto 14.3. Frutos de mandarina 'Clemenules' (A) y Satsuma 'Owari' (B).

- *Oroval*. Arbol vigoroso, con tendencia a la verticalidad que le confiere un aspecto característico. Fruto de buen tamaño y buena coloración, pero de corteza rugosa que tiende, en muchos casos, a acentuarse. Buen contenido en zumo, algo ácido que le desmerece, sin semillas. Su recolección puede iniciarse a mediados de octubre y su conservación en el árbol no es muy buena, ya que pierde zumo y tiende fácilmente al bufado.

- *Marisol*. Arbolado similar al de su progenitora ('Oroval'), pero con menor tendencia a la verticalidad. Productiva. Fruto ligeramente esférico, con corteza rugosa, y escasa calidad intrínseca; madura a principios de octubre.

- *Hernandina*. Arbol grande, vigoroso y productivo, pero con cierta tendencia a la alternancia de cosechas. Fruto de características similares al de la clementina 'Fina'; sin semillas. Madura entre 50 y 60 días después que ésta y aunque su coloración es intensa no llega a completarse, quedando una aureola verde alrededor de la zona estilar. Su mantenimiento en el árbol es problemático ya que pierde rápidamente zumo y acidez y su corteza, fina, es muy sensible a las alteraciones provocadas por las bajas temperaturas y la humedad.

2.3. Pomelos (*Citrus paradisi* Macf.)

El pomelo constituye una especie de cultivo restringido y de una importancia relativamente limitada. Arbol vigoroso, de gran tamaño, tolera bien las altas temperaturas y con una resistencia al frío similar al naranjo dulce. Se adapta bien, por

tanto, a un amplio rango de condiciones climáticas, pero los frutos de calidad se obtienen en áreas de clima caluroso. De copa compacta, ramas irregulares, fruto grande o muy grande (100 mm o más), globoso esferoidal o piriforme, sin o con semillas gruesas, grandes o arrugadas. Su sabor es ligeramente amargo, conferido por el glucósido naringina, y refrescante. La entrada en producción de esta especie es rápida y sus cosechas elevadas y regulares.

Las variedades de mayor interés son las siguientes.

- *Marsh*. También conocido como 'White Marsh' y 'Marsh seedless'. Fruto de tamaño medio. Corteza de color amarillo, muy fina y brillante (Foto 14.4). Pulpa amarilla, muy jugosa y sin apenas semillas (2 ó 3 por fruto). De maduración tardía, puede permanecer en el árbol hasta 3 meses sin pérdida notable de calidad. Productiva, es exigente en altas temperaturas.

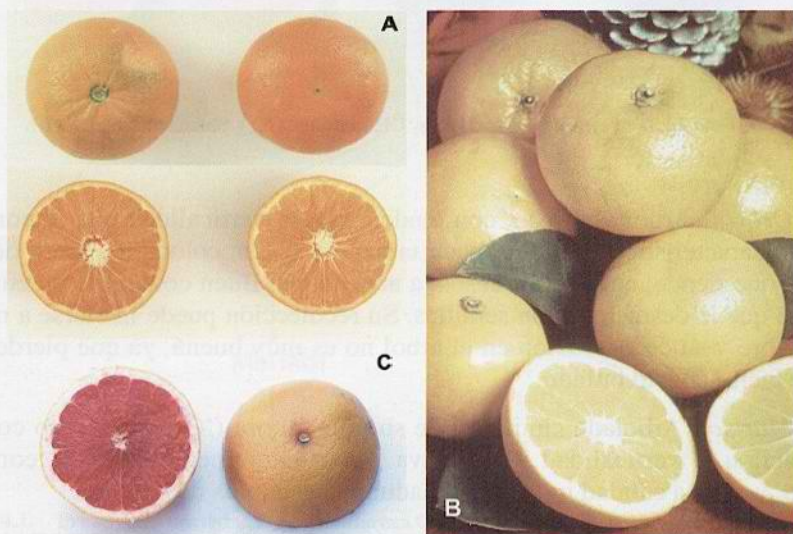


Foto 14.4. Frutos de mandarina 'Nova' (A) y pomelos 'Marsh' (B) y 'Star Ruby' (C).

- *Star Ruby*. Obtenido en EE.UU. por radiación de semillas. Fruto de tamaño medio a grande, corteza fina, con áreas de color rojo fuerte, y pulpa roja intensa y sin semillas (Foto 14.4). El desarrollo del arbolado presenta cierta heterogeneidad. En España se presenta como una variedad prometedora.

2.4. Híbridos

De entre los híbridos de los agrios, los citranges (*C. sinensis* × *P. trifoliata*) y los citrumelos (*C. paradisi* × *P. trifoliata*) son los de mayor importancia comercial por su utilización como portainjertos. Otros, como los tangelos, los tangor y los híbridos

de mandarinas, por su semejanza con las mandarinas o con las naranjas han visto extendido su cultivo como una «variedad» más, comercializándose como tales.

Híbridos de mandarinas

- *Mandarina Fortune*. Híbrido de mandarina Clementina × mandarina 'Dancy'. Árbol muy vigoroso, grande, de rápida entrada en producción y de madera débil que puede desgarrarse por el viento o por el peso de la cosecha. Fruto de tamaño pequeño, de color naranja intenso y corteza fina y adherida. Elevado contenido en zumo, algo ácido. Sujeta a polinización cruzada con las Clementinas, pueden encontrarse algunas semillas (monoembríonicas) en sus frutos. Su tendencia a florecer profusamente dificulta el cuajado. Su recolección puede iniciarse a finales de febrero y prolongarse hasta abril sin pérdida notable de zumo, pero con el peligro de aparición de alteraciones en la corteza.

Tangors

Son híbridos de mandarina (*C. reticulata* Blanco) y naranjo dulce (*C. sinensis* (L.) Osb.), de los que recogen su nombre combinando ambos sustantivos en inglés: TANGerina y ORange.

- *Ellendale*. Árbol de vigor medio, no muy denso de follaje, resistente al frío, con tendencia al resquebrajamiento y rotura de ramas y al amarillamiento de hojas, que caen. Producción dificultosa y tendencia a la alternancia. Frutos de buen tamaño, base redondeada, zona peduncular ligeramente deprimida y corteza ligeramente rugosa y granulosa. Alto contenido en zumo de gran calidad. Presenta polinización cruzada con las mandarinas Clementinas y posee algunas semillas monoembríonicas. Madura y se puede recolectar a partir de febrero, aunque presenta cierta tendencia a la pérdida de zumo si se prolonga su conservación en el árbol.

- *Ortanique*. Es considerado un Tangor natural. Sus árboles son grandes, vigorosos, con hojas grandes de color verde oscuro, y productivos. Los frutos son de tamaño medio a grande, ligeramente aplanados por su zona estilar, donde desarrollan un anillo poco prominente, de corteza ligeramente rugosa, gruesa, de color rojo intenso y muy adherida a la pulpa, que dificulta su pelado, y un elevado contenido en zumo, de buen sabor. Pueden tener semillas ya que presenta polinización cruzada con la mayor parte de mandarinas Clementinas cultivadas. Madura a finales de febrero, pero puede mantenerse en el árbol hasta finales de mayo sin pérdida apreciable de calidad.

- *Afourer*. El origen de la mandarina Afourer es incierto. Surgió de una semilla de tangor 'Murcott' en Afourer (Marruecos), pero no se sabe si procede de un híbrido, de una selección nucelar o de una mutación espontánea. También se la conoce como 'Delite', 'Delight' y 'Nadorcott®'. Árboles vigorosos, de ramas largas con tendencia a la verticalidad, hojas pequeñas, lanceoladas, oscuras con el borde ligera-

mente aserrado. Esta mandarina es autoincompatible, pero presenta polinización cruzada con la mayoría de los híbridos de mandarina, tangors, tangelos, pomelo, limonero y naranjo dulce del grupo Blancas. Es de rápida entrada en producción y productiva, con una ligera tendencia a la alternancia de cosechas. Fruto de tamaño medio, ligeramente achatado, de piel fina con el flavedo rojo intenso y el albedo ligeramente rosado, y la zona peduncular acostillada. Posee elevado contenido en zumo, de alta concentración de sólidos solubles y ligeramente ácido. En las condiciones de clima mediterráneo madura entre finales de enero y mediados de febrero.

Tangelos

Son híbridos de mandarina (*C. reticulata* Blanco) y pomelo (*C. paradisi* Macf.) y cuyo nombre combina los dos de sus antecesores: TANGerina y pomELO.

Los más importantes, son 'Minneola', de maduración tardía, y 'Orlando', de maduración precoz, ambos híbridos de pomelo 'Duncan' × mandarina 'Dancy'. Árboles vigorosos de buen comportamiento, elevada cosecha. Frutos de buen tamaño, de sabor ligeramente ácido, con cierta dificultad de pelado, la presencia de semillas y su tendencia a la alternancia de cosechas son los principales problemas con los que se encuentra su cultivo.

Otros híbridos

- *Mandarina Nova*. Es un híbrido de mandarina Clementina (*C. clementina* Hort. ex Tanaka) × Tangelo 'Orlando' (*C. reticulata* Blanco × *C. paradisi* Macf.). Árbol de porte mediano, vigoroso, de hojas claras y de tamaño medio. Productivo, presenta polinización cruzada, especialmente con las mandarinas Clementinas, lo que provoca la aparición de algunas semillas en el fruto. Este es de tamaño superior al de la 'Clemenules', aplanado, de color intenso (Foto 14.4). Corteza fina, compacta y fuertemente adherida que dificulta su pelado. Rico en zumo, de sabor ligeramente ácido. Su recolección puede efectuarse tras la de la 'Clemenules'.

- *Citranges*. Híbridos de *P. trifoliata* × naranjo dulce, se utilizan como patrones por su tolerancia al virus de la Tristeza y otras virosis. Hojas trifoliadas y perennes, aunque en algunos casos la pueden perder parcialmente por la influencia del *P. trifoliata*, que es caducifolio. Pero, en general, los citranges muestran caracteres intermedios entre los dos parentales.

Bajo un punto de vista viverístico, su reproducción por semillas reproduce con gran exactitud sus características agronómicas, ya que aquellas son altamente poliembriónicas y raramente desarrollan embriones zigóticos. Los híbridos más cultivados son el Troyer y el Carrizo, prácticamente indistinguibles entre sí, originados por la fecundación de ovarios de Washington navel con polen de *P. trifoliata*. Un mejor comportamiento general del citrange Carrizo ha hecho que sea éste el de utilización mayoritaria.

2.5. Limón (*Citrus limon* (L.) Burm.)

El total de limones producidos en España supera las 900×10^3 t anuales; las variedades 'Verna' y 'Fino' son las más importantes con una distribución en superficie del 60% y el 30%, respectivamente. En Italia se producen unas 570×10^3 t anuales; la variedad más cultivada es el 'Femminello'. En Argentina se cultivan 'Lisbon' y 'Eureka' en cuantía importante (600×10^3 t anuales, aproximadamente).

- **Verna.** Arbol vigoroso, grande y sin espinas, presenta un notable miriñaque, cuando se injerta sobre naranjo amargo, que reduce su periodo productivo. En esta variedad, la floración de primavera se prolonga de marzo a mayo y varía en intensidad según las condiciones climáticas de cultivo, pudiéndose recolectar el fruto escalonadamente desde febrero a julio. Los frutos de esta variedad son de forma oval, aperados en su zona peduncular, con «mamelón» largo y puntiagudo en la estilar, y de color amarillo intenso en la madurez (Foto 14.5). Su tamaño y calidad son variables en función de las condiciones de cultivo. Presentan un elevado contenido en zumo, de acidez inferior a la de otras variedades, y corteza adherente y fina. Pueden mantenerse en el árbol durante mucho tiempo y son muy resistentes durante la manipulación y transporte.

- **Fino.** Procede, probablemente, de la germinación de semillas de la variedad 'Común' originaria de la Vega Alta del Segura (Murcia, España). Árboles de tamaño mediano a grande, más vigorosos y sensibles al frío que los de la variedad 'Verna', con espinas fuertes y muy productivos. No presentan problemas de miriñaque cuando se injertan sobre naranjo amargo. Su floración de primavera es más

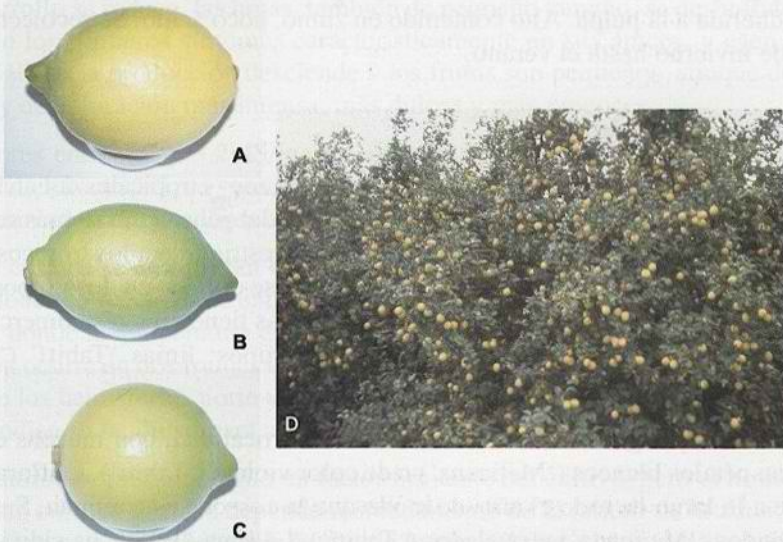


Foto 14.5. Frutos de limonero 'Verna' (A), 'Eureka' (B) y 'Fino' (C) y árbol de limonero 'Lisbon' (D).

corta que en el caso de la variedad 'Verna' y puede iniciarse su recolección a principios de octubre y prolongarse hasta febrero. Frutos de forma variable (de esférica a ovalada), no presentan cuello en la zona peduncular y el mamelón estilar es pequeño (Foto 14.5). De corteza delgada y fina, son de menor tamaño que los 'Verna', tienen un alto contenido en zumo, de elevada acidez, y un mayor número de semillas. Su característica más importante es la precocidad ya que su permanencia en el árbol y su resistencia al manipulado y transporte son menores que en el 'Verna'.

- *Femminello común*. Es la variedad más cultivada en Italia. Arbol de vigor medio, con pocas espinas, muy productivo y tendencia a la verticalidad. Con floración recurrente, permite producir un 13%-15% del total de su cosecha como «Verdelli». Muy sensible a la «mal seco». Fruto de forma oval, ligeramente redondo; corteza de espesor medio, fuertemente adherida, color amarillo uniforme, piel de grano fino y glándulas de aceite no muy abundantes. Zumo abundante de elevada acidez.

- *Lisbon*. Arbol muy vigoroso (Foto 14.5), con muchas espinas y alta densidad foliar; resistente al frío, al calor y al viento. Fruto de forma elíptica u oblonga, de tamaño medio, con «mamelón» asimétrico, grande y prominente y rodeado de una depresión completamente circular. Corteza de espesor medio, fuertemente adherida. Pulpa de color verde pálido y jugosa; zumo muy ácido. Madura en invierno y al inicio de la primavera.

- *Eureka*. Arbol de tamaño y vigor medio, poco poblado de hojas, con pocas espinas y pequeñas y rápida entrada en producción. Fruto de tamaño medio, elíptico, oblongo y con lóbulo corto (Foto 14.5). Corteza de poco espesor, con grano fino y adherida a la pulpa. Alto contenido en zumo, poco ácido. Se recolecta desde finales de invierno hasta el verano.

2.6. Limas (*Citrus latifolia* L.)

Las limas proceden, muy probablemente, de las zonas tropicales del archipiélago Malayo. A ello se atribuye que sean las especies del género *Citrus* más sensibles a las bajas temperaturas, por lo que su cultivo está restringido a los trópicos y a las áreas subtropicales húmedas y calurosas. Las limas se dividen en dos grupos: limas ácidas y limas dulces, de las cuales solo las primeras tienen interés comercial. Las limas ácidas se subdividen, a su vez, en dos grupos: limas 'Tahití' ('Persa', 'Bearss') y limas 'Key' ('Mejicana').

Arboles muy vigorosos, con tendencia a la verticalidad, con muchas espinas, flores con pétalos blancos ('Mejicana') o de color violeta ('Tahití'). La floración se extiende a lo largo de todo el año, de modo que la cosecha es continua. Sus frutos son redondos ('Mejicana') u ovalados ('Tahití'). La lima 'Tahití' ha sido identificada como una especie triploide.

3. Adaptación ecológica

Los agrios pueden crecer bajo condiciones edáficas muy diferentes, desde suelos pedregosos, muy pobres, hasta suelos arcillosos y pesados. Ello, sin embargo, no significa que su cultivo se adapte por igual en todos ellos. Si bien son capaces de progresar en suelos sin condiciones, lo hacen a costa de su desarrollo vegetativo y su producción. Estos se presentan óptimos en suelos arenosos profundos y suelos francos, siempre que la luz, la temperatura y el agua no sean limitantes. Por contra, los suelos impermeables y muy arcillosos dificultan su crecimiento. Cuando la proporción de arcilla es superior al 50%, el crecimiento de las raíces se ve seriamente restringido.

Para el cultivo de los agrios son convenientes los suelos de permeabilidad media, entre 20 y 25 cm/h. Deben evitarse suelos con una permeabilidad superior a 40 cm/h, incapaces de retener agua, o inferior a 5 cm/h, con gran facilidad de encharcamiento.

La humedad del suelo es determinante en el desarrollo de las raíces. En suelos arenosos, cuando la humedad de éstos desciende por debajo del 45%, el desarrollo radicular se reduce significativamente. Por el contrario, las raíces pueden morir o ser gravemente dañadas en condiciones anaeróbicas, y en todo caso los árboles no crecen bien cuando el agua se estanca durante un periodo prolongado. Estos problemas son frecuentes en zonas lluviosas de suelos arcillosos. Además, cuando el drenaje es deficiente las enfermedades fúngicas propias del suelo proliferan, dañando los árboles y reduciendo su producción y la calidad de los frutos.

Los agrios son particularmente sensibles a concentraciones elevadas de sales. Su desarrollo se reduce, las hojas, también de pequeño tamaño, se deshidratan, presentando los primeros síntomas característicamente en sus ápices, y caen. En los suelos salinos la producción desciende y los frutos son pequeños, aunque de corteza fina y de coloración más intensa, más dulces y más precoces.

Valores entre 1,7 y 3,2 dS/m, del extracto de saturación, y entre 0,41 y 0,70 dS/m, del extracto 1:5, se consideran normales. En cuanto a las aguas de riego, se consideran adecuados valores de su CE entre 0,9 y 3,0 dS/m.

Los cítricos se desarrollan entre los 44° N y 41° S de latitud. Sin embargo, las plantaciones comerciales se encuentran casi exclusivamente en las regiones subtropicales, donde la temperatura es modulada por acción de los vientos marinos. Esta situación ocurre en dos franjas que se extienden, alrededor del planeta, entre los 20° y 40° de los hemisferios norte y sur. Este tipo de distribución de las especies de los agrios indica su facilidad para adaptarse a diferentes condiciones ambientales.

La altitud se presenta como un factor limitante del cultivo, pero el límite al que se pueden cultivar cítricos depende marcadamente de la latitud de la zona. Así, en los trópicos se pueden producir frutos de buena calidad a altitudes de 1.500 m, y aún superiores; en las regiones subtropicales, los agrios se desarrollan con norma-

lidad hasta los 500-600 m. Los frutos procedentes de árboles cultivados en altitudes elevadas poseen una coloración más intensa, una maduración más tardía y una corteza más resistente, que los frutos procedentes de zonas próximas al mar.

Probablemente la variable climática más importante en la determinación del desarrollo vegetativo, de la floración, del cuajado y de la calidad de los frutos es la temperatura. Las flores de los cítricos cuajan satisfactoriamente en un amplio rango de temperaturas en todas las zonas de cultivo. Valores térmicos entre 15° C y 20° C favorecen la producción de polen viable. El desarrollo del tubo polínico también depende de la temperatura, habiéndose sugerido como valor umbral para éste los 13° C. En las variedades partenocárpicas, las altas temperaturas durante la fase I de desarrollo del fruto promueven su abscisión.

El crecimiento del fruto tiende a su máxima intensidad para temperaturas combinadas día/noche entre 20° C y 25° C, pero si éstas superan los 30° C, tanto de día como de noche, el crecimiento del fruto se reduce. La forma del fruto y la rugosidad de la corteza también se encuentran relacionadas con la temperatura.

Temperaturas por debajo de los 13° C provocan el cambio de color del fruto, mientras que su reverdecimiento se ha relacionado con altas temperaturas. La mayor degradación de clorofilas y síntesis de carotenoides tienen lugar en los frutos expuestos a combinaciones de días fríos y noches frías y de baja temperatura del suelo. Experimentos realizados con las naranjas navel 'Leng' y 'Washington', revelan que la máxima coloración del fruto se obtiene cuando la temperatura es de 15° C, lo que se ha asociado con la mayor actividad en la degradación de clorofilas y síntesis de carotenoides que tiene lugar a dicha temperatura en comparación con la existente a 5° C o a 25° C.

La temperatura también es el factor más influyente de la maduración interna. Esta afecta, sobre todo, a la acidez del zumo, de modo que cuanto más alto es el régimen térmico día/noche, más baja es la concentración de ácidos. La influencia de la temperatura sobre los SST no está, sin embargo, tan clara.

A la vista de todo ello, se puede concluir que los agrios pueden vivir sin sufrir daños importantes a temperaturas entre 0° C y 50° C. En el rango bajo, la actividad vegetativa es nula o casi nula. Esta se inicia, en las zonas subtropicales, a medida que la temperatura se incrementa, de modo que cuando en primavera se supera un determinado umbral, la planta brota y florece. A partir de ese momento su crecimiento aumenta con la temperatura hasta un determinado valor de ésta, superado el cuál cesa. Solamente cuando la temperatura sobrepasa los 50° C se observan daños en el árbol. En las áreas tropicales la brotación y la floración son continuas. De acuerdo con los resultados aceptados, el rango de temperaturas óptimas para el cultivo de los agrios se establece entre 23° C y 34° C, señalándose como valor máximo de cultivo, sin efectos secundarios indeseables, 39° C y mínimo de 13° C.

Los agrios se adaptan bastante bien a diferentes valores de la humedad atmosférica. Así, se cultivan tanto en regiones desérticas subtropicales, en las que la HR

alcanza en ocasiones valores próximos a cero, como en regiones tropicales, en las que durante el periodo de desarrollo vegetativo la HR casi nunca desciende del 70% durante el día y alcanza la saturación durante la noche.

Las necesidades hídricas de los cítricos para producir cosechas elevadas y de calidad se han estimado entre 7.500 y 12.000 m³/ha y año. En la mayor parte de las zonas citrícolas del mundo esas cantidades no se alcanzan con lluvias y debe recurrirse al riego.

La acidez libre y el contenido en SST del zumo del fruto son afectados por el régimen pluviométrico. Ambos son reducidos cuando se presentan lluvias intensas durante los dos meses anteriores a la recolección.

La lluvia también afecta el tamaño, la forma del fruto y el espesor de la corteza. El estrés hídrico reduce la consistencia y la turgencia de ésta, que acaba siendo más vulnerable al manipulado y transporte.

El viento es considerado como el factor abiótico más importante en la producción de daños mecánicos y lesiones sobre la corteza de los frutos cítricos. Vientos con una velocidad de 25 km/h son potencialmente dañinos. Las heridas que producen son consecuencia de rozaduras con ramas, hojas o tallos, son de forma irregular, de aspecto coriáceo, de coloración marrón y, en general, sólo afectan al flaveo. La intensidad de éstas depende de la velocidad del viento, de la sensibilidad varietal y de la presencia y tamaño de las espinas, tallos,...

4. Estadios fenológicos de los cítricos. Codificación BBCH

En los agrios, la descripción de sus estadios fenológicos ha atendido, prioritariamente, a la floración del naranjo dulce [*Citrus sinensis* (L.) Osb.] y su evolución, a descripciones morfológicas y anatómicas sin clasificación alguna, así como a aspectos puntuales, de acuerdo con las áreas de cultivo y especies concretas, en particular limonero [*Citrus limon* (L.) Burm. f.] y naranjo dulce. Existen, sin embargo, algunos estudios sobre la fenología de las principales variedades de cítricos, tanto de naranjo dulce, como de clementinas (*Citrus clementina* Hort. ex Tan.) y Satsumas (*Citrus unshiu* Marc.), y en ellos se definen sus principales estadios de desarrollo. Pero estos trabajos han tenido poca trascendencia, probablemente por la falta de uniformidad entre ellos y con otras especies, lo que dificulta su generalización, la identificación de los distintos estadios y, consecuentemente, su manejo. La adaptación de la escala BBCH a las especies del género *Citrus* (Agustí *et al.*, 1997) ha resuelto estos problemas (Foto 14.6).

Estadio principal del desarrollo 0: Desarrollo de las yema

- 00 Reposo: Las yemas vegetativas y de inflorescencias están indiferenciadas, cerradas y cubiertas por escamas.



00



01



10



55



56



59



60



65



67



72



89

Foto 14.6. Estados fenológicos más importantes de los cítricos (Fuente: Agustí, 2003).

- 01 Comienzan a hincharse las yemas.
- 03 Finaliza el hinchamiento de las yemas: las escamas verdes están ligeramente separadas.
- 07 Empieza la apertura de las yemas.
- 09 Los primordios foliares son visibles.

Estadio principal del desarrollo 1: Desarrollo de las hojas

- 10 Las primeras hojas empiezan a separarse: las escamas verdes están ligeramente abiertas y las hojas emergiendo.
- 11 Las primeras hojas son visibles¹.
- 15 Se hacen visibles más hojas, pero sin alcanzar su tamaño final.
- 19 Las hojas alcanzan su tamaño final.

Estadio principal del desarrollo 3: Desarrollo de los brotes

- 31 Empieza a crecer el brote: se hace visible su tallo.
- 32 Los brotes alcanzan alrededor del 20% de su tamaño final.
- 39 Los brotes alcanzan alrededor del 90% de su tamaño final.

Estadio principal del desarrollo 5: Desarrollo de las flores

- 51 Las yemas se hinchan: están cerradas y se hacen visibles las escamas, ligeramente verdes.
- 53 Las yemas revientan: las escamas se separan y se hacen visibles los primordios florales.
- 55 Las flores se hacen visibles: están todavía cerradas (botón verde) y se distribuyen aisladas o en racimos en inflorescencias con o sin hojas.
- 56 Los pétalos crecen; los sépalos envuelven la mitad de la corola (botón blanco).
- 57 Los sépalos se abren: se hacen visibles los extremos de los pétalos, todavía cerrados, de color blanco o amoratado.
- 59 La mayoría de las flores, con los pétalos cerrados, adquieren la forma de una bola hueca y alargada.

¹ En los agrios el término *visible* sustituye a *desplegado* utilizado en otras especies frutales. Este último se produce muy prematuramente en los agrios.

Estadio principal del desarrollo 6: Floración

- 60 Primeras flores abiertas.
- 61 Comienza la floración: alrededor del 10% de las flores están abiertas.
- 65 Plena floración: alrededor del 50% de las flores están abiertas. Empiezan a caer los primeros pétalos.
- 67 Las flores se marchitan: la mayoría de los pétalos están cayendo.
- 69 Fin de la floración: han caído todos los pétalos.

Estadio principal del desarrollo 7: Desarrollo del fruto

- 71 Cuajado: el ovario comienza a crecer; se inicia la caída de frutos jóvenes.
- 72 El fruto, verde, está rodeado por los sépalos a modo de corona.
- 73 Algunos frutos amarillean: se inicia la caída fisiológica de frutos.
- 74 El fruto alcanza alrededor del 40% del tamaño final. Adquieren un color verde oscuro. Finaliza la caída fisiológica de frutos.
- 79 El fruto alcanza alrededor del 90% de su tamaño final.

Estadio principal del desarrollo 8: Maduración del fruto

- 81 El fruto empieza a colorear (cambio de color).
- 83 El fruto está maduro para ser recolectado, aunque no ha adquirido todavía su color característico.
- 85 Maduración avanzada; se va incrementando el color característico de cada cv.
- 89 Fruto maduro y apto para el consumo: tiene su sabor y firmeza naturales; comienza la senescencia y la abscisión.

Estadio principal del desarrollo 9: Senescencia y comienzo del reposo

- 91 Las brotaciones han completado su desarrollo; las hojas adquieren su plena tonalidad verde.
- 93 Las hojas viejas inician la senescencia y comienzan a caer.
- 97 Reposo invernal.

5. Nutrición. Fertilización

Las necesidades nutritivas de los agrios están constituidas por el consumo de elementos minerales que una planta lleva a cabo anualmente para satisfacer su desarrollo vegetativo y fructificación. Parte de éstos proceden de las reservas acumuladas en ciclos anteriores, siendo retranslocados desde los órganos de reserva perecederos, especialmente las hojas viejas, hasta los órganos de consumo; otra parte se pierde al ser extraída por la cosecha; otra se restituye al suelo con la caída de órganos en desarrollo (flores y frutos), desde donde puede ser reabsorbida por la planta a medio plazo; y finalmente, una parte es incorporada por la planta como constituyente de sus órganos vegetativos permanentes (raíces, tronco y ramas).

TABLA 14.1
Necesidades nutritivas de los cítricos

Edad del árbol (años)	Consumo anual en desarrollo (g)			Cubierto por reservas (%)			Necesidades anuales (g)		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
2 (plantón)	6,8	0,8	3,6	25	12	22	5,1	0,7	2,8
6 (en desarrollo)	210	18	121	32	16	28	142	15	87
12 (adulto)	667	53	347	32	17	29	453	44	246

Tomado de Legaz y Primo-Millo, 1988.

Las diferencias entre las cantidades anuales de cada elemento mineral utilizadas por la planta en el crecimiento y desarrollo de nuevos órganos y el aporte cubierto por las reservas, constituyen sus necesidades a cubrir mediante la fertilización. En la tabla 14.1, se indican estos valores para el N, P y K, válidos para plantas de cítricos de diferentes edades. Para calcular la dosis de abonado, con el fin de cubrir las necesidades así determinadas, hay que tener en cuenta también las pérdidas; la planta sólo absorbe una parte de lo que se le suministra y el resto se pierde por lixiviación, retrogradación a formas inasimilables en el suelo, etc. La importancia de estas pérdidas depende del tipo de suelo, características de la plantación, sistema de riego,...

El análisis de un suelo aporta, pues, una información parcial sobre la nutrición mineral de los agrios y por sí solo es insuficiente para diagnosticar alteraciones de este tipo y diseñar un plan de fertilización. Es necesario conocer, complementariamente, el contenido en elementos minerales de las hojas, absorbidos desde aquél, lo que puede lograrse con el análisis foliar.

Al igual que en el caso de los análisis de suelo, se han propuesto valores estándar del contenido foliar en elementos minerales (Tablas 14.2 y 14.3).

TABLA 14.2

Interpretación de los análisis foliares de micronutrientes en los cítricos

	Niveles nutritivos estándar (ppm)				
	Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
Fe	< 35	35-60	61-100	101-200	> 200
Zn	< 14	14-25	26-70	71-300	> 300
Mn	< 12	12-25	26-60	61-250	> 250
B	< 21	21-30	31-100	101-260	> 260
Cu	< 3	3-5	6-14	15-25	> 25
Mo	< 0,06	0,06-0,09	0,10-3,0	3,1-100	> 100

Tomado de Legaz et al. (1995).

TABLA 14.3

Interpretación de los análisis foliares de macronutrientes en los cítricos

		Niveles nutritivos estándar (% peso seco)				
		Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
Naranjos	N	< 2,30	2,30-2,50	2,51-2,80	2,81-3,00	> 3,00
	P	< 0,10	0,10-0,12	0,13-0,16	0,17-0,20	> 0,20
	K	< 0,50	0,50-0,70	0,71-1,00	1,01-1,30	> 1,30
Clementinos	N	< 2,20	2,21-2,40	2,41-2,70	2,71-2,90	> 2,90
	P	< 0,09	0,09-0,11	0,12-0,15	0,16-0,19	> 0,19
	K	< 0,50	0,50-0,70	0,71-1,00	1,01-1,30	> 1,30
Satsumas	N	< 2,40	2,40-2,60	2,61-2,90	2,91-3,10	> 3,10
	P	< 0,10	0,10-0,12	0,13-0,16	0,17-0,20	> 0,20
	K	< 0,40	0,40-0,60	0,61-0,90	0,91-1,15	> 1,15
	Ca	< 1,60	1,60-2,90	3,00-5,00	5,10-6,50	> 6,50
	Mg	< 0,15	0,15-0,24	0,25-0,45	0,46-0,90	> 0,90
	S	< 0,14	0,14-0,19	0,20-0,30	0,31-0,50	> 0,51

Tomado de Legaz et al. (1995).

Las aportaciones medias de fertilizantes nitrogenados, fosforados y potásicos, para suelos francos con contenidos normales en materia orgánica y en P y K asimilables, han sido calculados por Legaz y Primo-Millo (1988) para las plantaciones de cítricos de la costa mediterránea española (Tabla 14.4). Las dosis propuestas han sido calculadas a partir de las necesidades medias de las plantas (Tabla 14.1), incrementadas de acuerdo con la eficiencia media de utilización de los fertilizantes, y suponiendo una densidad de plantación cercana a los 400 árboles/ha. Los autores señalan su validez aproximada y su dependencia del desarrollo vegetativo, productividad y características de cada plantación. Asimismo, recomiendan la necesidad de incrementar, proporcionalmente, las dosis propuestas en plantaciones con una mayor densidad de plantación.

TABLA 14.4

Dosis medias anuales de abonado N, P, K para los cítricos según la edad del arbolado

Edad de la plantación (años)	Nitrógeno		Fósforo (P_2O_5)		Potasio (K_2O)	
	g/árbol	kg/ha	g/árbol	kg/ha	g/árbol	kg/ha
1-2	40-80	16-32	0-20	0-8	0-30	0-12
3-4	120-160	48-64	30-40	12-16	40-80	16-32
5-6	240-320	96-128	50-60	20-24	100-120	40-48
7-8	410-500	164-200	80-100	32-40	160-200	64-80
9-10	550-600	220-240	120-150	48-60	250-300	100-120
> 10	600-800	240-320	150-200	60-80	300-400	120-160

Fuente: Legaz y Primo-Millo, 1988.

En el caso de la fertirrigación, los avances incluidos en el manejo del riego localizado permiten, de un lado, un fraccionamiento mucho mayor del abonado y, de otro, una distribución de éste específico para cada variedad e, inclusive, cada parcela de una misma explotación. Una distribución orientativa de las dosis de fertilización mensual de los cítricos, expresada como porcentaje del total de UF a aplicar durante un ciclo vegetativo, se presenta en la tabla 14.5.

TABLA 14.5

Distribución mensual del abonado N, P, K en parcelas fertirrigadas

Mes	Elementos minerales (% UF)		
	N	P_2O_5	K_2O
Marzo	10	10	7
Abril	12	20	10
Mayo	15	15	13
Junio	18	15	15
Julio	20	15	25
Agosto	15	15	20
Septiembre	10	10	10

6. Plagas

Las plagas más importantes de los cítricos han sido estudiadas por Garrido y Ventura (1993), García-Marí *et al.* (1994) y se resumen a continuación.

• Acaros

Panonychus citri Mc Gregor. El ácaro se alimenta de la clorofila del órgano que ataca, que adquiere una tonalidad gris-plateada; el daño más importante se produce sobre los frutos, ya que los ataca al final del verano y en otoño, antes de que el fruto inicie el cambio de color, y éste nunca adquiere su coloración característi-

ca, quedando en su cara expuesta al sol con una tonalidad amarillo-pálida que reduce su calidad comercial. *Tetranychus urticae* Koch. desarrolla sus colonias en el envés de las hojas que toman, en su zona afectada, una coloración amarillo-herrumbrosa, con una concavidad característica que coincide con un abombamiento del haz, que también amarillea (Foto 14.7 A), y si no se elimina con rapidez, las hojas pueden caer; cuando el ataque se produce sobre los frutos, producen gran cantidad de manchas oscuras y difusas sobre su superficie, que en el limón se localiza en la comisura (mamelón) estilar y forma lo que se denomina *bigote*. *Eriophyes sheldoni* Swing. Las hojas atacadas se desarrollan mal, dando lugar a deformaciones muy aparentes, con bordes sinuosos y ápices redondeados; cuando el ataque se produce sobre yemas florales, son las flores las que se desarrollan deformes o abortan y los frutos que, no obstante, consiguen progresar, presentan deformaciones intensas. Los limoneros son especialmente sensibles a sus ataques.

• Afidos

Los pulgones más importantes en Citricultura son *Toxoptera aurantii* B de F, *T. citricidus* Kirkaldy, *Aphis fabae* Scopoli (negro), *A. spiraecola* Match y *Myzus persicae* Sulzer (verde). Los daños producidos por los pulgones pueden ser directos e indirectos. Los primeros son ocasionados por la absorción de savia (Foto 14.7 B), que resta vigor a la planta atacada, y por la inyección de saliva que, generalmente, produce una reacción fitotóxica que provoca la deformación y, sobre todo, el enrollamiento de las hojas. Los daños indirectos pueden clasificarse en: a) el enrollamiento de las hojas reduce su tasa fotosintética; b) la secreción de melaza

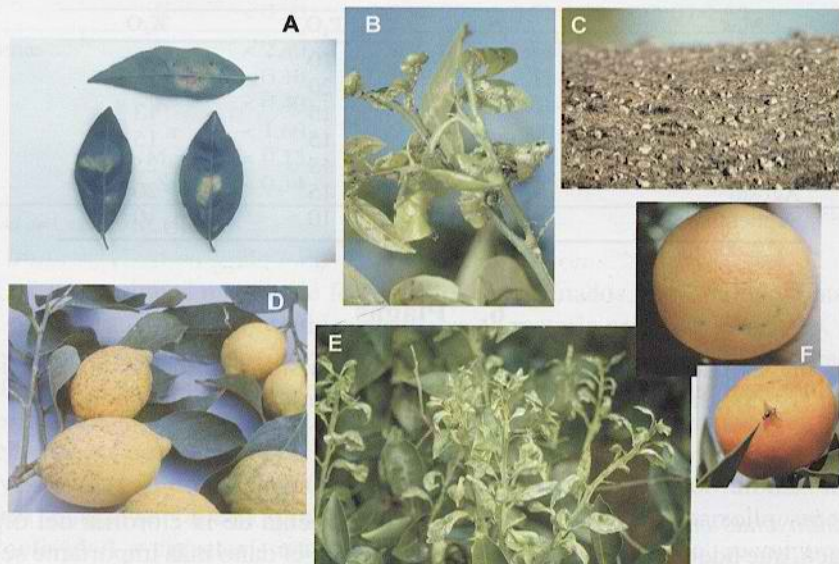


Foto 14.7. Síntomas de ataque de araña roja (*Tetranychus urticae*) (A), pulgones (B), piojo gris (C), piojo rojo de California (D), minador de las hojas (E) y mosca del Mediterráneo (F).

facilita la aparición del hongo *C. citri* (negrilla); y c) la transmisión de enfermedades, sobre todo virosis.

• Cócidos

Se conoce por cócidos o cochinillas, un grupo de insectos incluidos en unas pocas familias del orden *Hemiptera*, suborden *Homoptera*. Son individuos pequeños (< 2 mm) que se agrupan en colonias y que viven sobre troncos, ramas (Foto 14.7 C), tallos, hojas y frutos (Foto 14.7 D), de los que succionan los jugos celulares para alimentarse introduciendo su pico en el tejido, producen gran cantidad de melaza, seca de ramillas y manchas en hojas y frutos. Los más importantes en citricultura se resumen en la tabla 14.6.

TABLA 14.6
Especies de cócidos de importancia en la citricultura española

Familia	Especie	Nombre común	Importancia
<i>Diaspididae</i>	<i>Aspidiotus nerii</i> Bouché	Piojo blanco	**
	<i>Chrysomphalus dictyospermi</i> Morgan	Piojo rojo	*
	<i>Insulapsis gloverii</i> Pack	Serpeta fina	*
	<i>Lepidosaphes beckii</i> Newman	Serpeta gruesa	***
	<i>Parlatoria pergandei</i> Comstock	Piojo gris	***
	<i>Aonidiella aurantii</i> Maskell	P. rojo de California	***
<i>Coccidae</i>	<i>Ceroplastes sinensis</i> Del Guercio	Caparreta blanca	*
<i>o Lecanidae</i>	<i>Coccus hesperidum</i> L.	Cochinilla blanda	*
	<i>Saissetia oleae</i> Bern.	Caparreta negra	**
<i>Pseudococcidae</i>	<i>Planococcus citri</i> Risso	Cotonet	**
<i>Margarodidae</i>	<i>Icerya purchasi</i> Mask.	Cochinilla acanalada	*

*: escasa; **: media; ***: alta.

Adaptado de Garrido y Ventura, 1993, con modificaciones.

• Lepidópteros

Los lepidópteros más importantes que representan plaga en la Citricultura española son el *Prays citri* Mill, la *Cacoecimorpha pronubana* Hbn. y la *Phyllocnistis citrella* Stainton. Las larvas del primero pueden atacar a los brotes y a los frutos en sus primeras fases de desarrollo, pero se muestra especialmente agresivo con las flores, de las que daña su ovario. Los daños se amplían cuando el fruto se desarrolla y se manifiestan por manchas plateadas superficiales. La segunda se caracteriza por atacar hojas y, sobre todo, frutos; sus larvas muerden los frutos recién cuajados, de los que se alimentan, destruyéndolos y/o provocando su caída. En el caso del minador de las hojas, las larvas, que necesitan hojas jóvenes y muy tiernas (Foto 14.7 E), se alimentan de los tejidos de éstas, escavando galerías sinusoides, casi paralelas al nervio central, dejando la cutícula por encima de la mina y a través de la cuál se ve una línea negra que la rellena, correspondiente a los excrementos de la larva.

• Dípteros

La mosca del Mediterráneo o mosca de la fruta, *Ceratitis capitata* Wied, es el díptero más importante del cultivo de los agrios.

En climas mediterráneos las hembras adultas de primera generación pueden aparecer en invierno, atacando naranjas y mandarinas, buscando los frutos situados en las ramas más soleadas. En la práctica, la mosca no ataca a los cítricos antes de septiembre-octubre, en primer lugar porque tiene otros huéspedes a los que prefiere, y en segundo lugar porque las condiciones de su corteza (color y dureza, sobre todo) no son las más adecuadas para la ovoposición. Esta deja sobre la superficie del fruto una mancha amarilla (Foto 14.7 F) que es, a su vez, vía de entrada de diversos microorganismos patógenos. Las larvas, en su desarrollo, se alimentan de la pulpa del fruto, que inicia de este modo su pudrición, hasta su abscisión y descomposición total. La larva sale entonces del fruto para pupar bajo tierra, a una profundidad de 5-10 cm.

7. Enfermedades

Moreno (1993), Durán-Vila y Moreno (2000) y Scaramuzzi *et al.* (1986) han revisado las enfermedades más importantes que afectan a los cítricos. Atendiendo a su origen, éstos sufren dos tipos de enfermedades, las criptogámicas y las originadas por virus.

7.1. Enfermedades criptogámicas

Las enfermedades criptogámicas más importantes de los agrios son las producidas por el hongo *Phytophthora* spp (Scaramuzzi *et al.*, 1986; Durán-Vila y Moreno, 2000). Este género incluye *P. citrophthora* (Smith et Smith) Leonian, *P. nicotianae* var. *parasitica*, *P. syringae* Kleb. y *P. hibernalis* Carne, especies que causan las enfermedades fúngicas más importantes de los cítricos.

Los árboles infestados por este hongo presentan síntomas en los troncos, ramas y raíces, caracterizados por exudación de goma, muerte de amplias zonas de la corteza que, sin embargo, permanecen sin desprenderse hasta que se secan (Foto 14.8).

7.2. Virosis y enfermedades afines

Las enfermedades de los cítricos denominadas *virosis* son las causadas por virus o por agentes similares, como viroides, micoplasmas y otros, que producen enfermedades afines. Todas ellas se caracterizan porque se transmiten por injerto. Es decir, los patógenos que las producen van asociados al material vegetal y se propagan junto con éste. De muchas de ellas todavía no se ha podido aislar el agente causal. Las más importantes son las siguientes (Moreno, 1993; Durán-Vila y Moreno, 2000).



Foto 14.8. Síntomas de podredumbre producidos por *Phytophthora* spp en un árbol de m. 'Fortune'/c. Carrizo.

• *Psoriasis*

La *Psoriasis A* es, probablemente, la enfermedad más extendida en la Citricultura española. Su síntoma más notable es la presencia de descamaciones en el tronco y ramas principales de los árboles afectados (Foto 14.9), principalmente naranjos dulces y pomelos. Los limoneros, aunque pueden sufrir la enfermedad, no muestran descamación. Los mandarinos Satsuma y Clementina sólo ocasionalmente muestran este síntoma. En las zonas afectadas, algunos elementos xilemáticos son destruidos y se producen exudaciones gomosas. Estas, a su vez, obstruyen vasos xilemáticos intactos. Como consecuencia de todo ello, el transporte de agua a las hojas se ve dificultado y la planta inicia un decaimiento progresivo que puede llevar a la muerte de las ramas afectadas. Junto con estos síntomas, las hojas jóvenes presentan flecos y manchas cloróticas, y las hojas viejas manchas irregulares o anillos cloróticos. En España, a diferencia de otras áreas citrícolas, la *Psoriasis A* suele producir escamas pequeñas y lesiones de lento desarrollo que raramente acaban con la vida del árbol. Esta enfermedad sólo se transmite por injerto.

Los síntomas descritos aparecen con la edad del árbol y tardan entre 10 y 25 años en hacerse evidentes. Esta ausencia de síntomas aparentes durante tantos años ha hecho que los agricultores propagaran yemas infestadas con *Psoriasis* sin advertirlo, lo que explica la gran incidencia de esta enfermedad.

• *Impietratura*

Esta enfermedad se caracteriza por la formación de bolsas de goma en el albedo de los frutos, que originan pequeños bultos de color verdoso o pardo-marrón, contrastando con el color de la corteza, sobre todo cuando ésta cambia de color.

Foto 14.9. Síntomas de *Psoriasis* en un árbol de naranjo dulce 'Washington navel'/n. amargo.



• *Tristeza*

La tristeza es, históricamente, la enfermedad más devastadora de la citricultura mundial. El virus de la tristeza (CTV) es responsable de la muerte de millones de árboles injertados sobre naranjo amargo en Brasil, Argentina, California y Florida (EE.UU.), España, Sudáfrica y otros países. En Asia existen razas muy virulentas del CTV de forma endémica. Su transmisión es por injerto y por vectores (áfidos; ver apt. 6).

La presencia del CTV en el árbol causa el decaimiento y muerte de naranjos, mandarinos y pomelos injertados sobre naranjo amargo. Realmente, causa la muerte del floema por debajo de la línea de injerto, impidiendo el aporte de metabolitos a las raíces y originando, con el tiempo, la muerte de éstas. Como consecuencia, la absorción de agua y nutrientes minerales del suelo se va ralentizando hasta detenerse, lo que a su vez induce el amarilleamiento de hojas y la progresiva defoliación que caracterizan la enfermedad. El árbol muere en un período variable, dependiendo de la intensidad de las lesiones causadas en el floema, su estado nutricional y las condiciones ambientales. En general, el árbol puede vivir durante años sin apenas mostrar síntomas o con un decaimiento lento que repercute en una producción descendente y en una pérdida progresiva de la calidad del fruto, permaneciendo improductivo durante varios años hasta su muerte. Pero en algunos casos, cuando las circunstancias son particularmente desfavorables, el árbol puede morir en pocas semanas, lo que se conoce como *colapso rápido* (Foto 14.10).



Foto 14.10. Síntomas de *Tristeza*. Árboles en diferentes estados de afección (Foto: S. Zaragoza).

Las razas de tristeza presentes en España no suelen producir síntomas en las variedades comerciales de naranjo dulce, mandarina o pomelo sobre sus propias raíces o injertadas sobre patrones tolerantes, por lo que el problema queda reducido a los árboles injertados sobre naranjo amargo, con la excepción del limonero, cuya combinación con éste último no es sensible.

• *Exocortis*

El viroide de la *exocortis* (CEV) ataca principalmente al *Poncirus trifoliata* y a sus híbridos (citranges). Las limas 'Rangpur' y 'Tahití' y el cidro 'Etrog' también se muestran sensibles; éste último se ha utilizado como planta indicadora. Las razas severas de CEV provocan en plantas de estas especies o en las injertadas sobre ellas, enanismo, presencia de grietas verticales en la corteza (con descamación en algunos casos), manchas amarillas o pardas en la corteza de los tallos jóvenes, decaimiento y reducción de cosecha.

Esta enfermedad se transmite por injerto, y no se conoce ningún vector de la misma. También puede ser transmitida mecánicamente, principalmente a través de la maquinaria y herramientas de poda.

8. Patrones

El cultivo de árboles francos de cítricos no existe en la actualidad. Estos deben superar un periodo de juvenilidad de 5-7 años y hasta superior, en ocasiones, a los 10 años. Durante éste, son muy vigorosos, desarrollan gran cantidad de espinas, no florecen y, por tanto, son improductivos. Todos estos aspectos no son compatibles con una citricultura moderna y, por consiguiente, este tipo de plantas no se utilizan. Por otra parte, algunas especies son sensibles a problemas relacionados con el suelo, como enfermedades, alteraciones químicas, etc. Como consecuencia, los árboles cítricos en la actualidad están formados por dos partes, el patrón y la variedad, la segunda injertada sobre el primero, de modo que combinen entre sí las mejores características posibles, de acuerdo con el medio particular en el que se cultiven.

Actualmente, son numerosos los patrones de agrios en estudio; sin embargo, son muy pocos los que se hallan en cultivo. Así, en España, los patrones más utilizados son el citrange 'Carrizo' (72%), y el mandarino Cleopatra (15%), mientras que el citrange 'Troyer' (7%), el *Citrus volkameriana* Pasq. (5%), el Swingle citrumelo CPB 4475 (0,8%) y el *Citrus taiwanica* Tan. & Shim. (0,01%) representan, conjuntamente, poco más del 12%. Como patrones de limonero, los mayoritariamente utilizados son el *Citrus macrophylla* Wester (81%) y el naranjo amargo (19%). Las características de todos estos patrones y de aquellos que, en su día, tuvieron importancia comercial se resumen en las tablas 14.17 y 14.8 (Forner, 1979).

TABLA 14.7

Comportamiento de los patrones más importantes en España frente a las condiciones adversas del medio

	Caliza	Salinidad	Asfixia radicular	Sequía
N. amargo	R	Rm	R	Rm
N. dulce	MS	S	S	S
M. común	R	Rm	R	Rm
M. Cleopatra	R	MR	S	Rm
<i>P. trifoliata</i>	MS	S	MR	S
Citranges	S	S	S	S
<i>C. volkameriana</i>	R	Rm	S	—
Citrumelo CPB 4475	MS	Rm	S	R
<i>C. macrophylla</i>	R	R	S	—

R: Resistente; Rm: Resistencia media; MR: Muy resistente; S: Sensible; MS: Muy sensible.

Fuente: Forner, 1979.

TABLA 14.8

Comportamiento de los patrones más importantes frente a enfermedades y virosis

	<i>Phytophthora</i> spp.	Psoriasis	Tristeza	Exocortis
N. amargo	R	T	S	T
N. dulce	MS	S	T	T
M. común	MS	T	T	T
M. Cleopatra	Rm	T	T	T
<i>P. trifoliata</i>	MR	T	T	S
Citranges	Rm	T	T	S
<i>C. volkameriana</i>	Rm	—	T	T
Citrumelo CPB 4475	R	T	T	T
<i>C. macrophylla</i>	MR	—	S	T

R: Resistente; Rm: Resistencia media; MR: Muy resistente; S: Sensible; MS: Muy sensible.

Fuente: Forner, 1979.

9. Técnicas de cultivo

El **marco de plantación** recomendado en el cultivo de los cítricos oscila entre 5 × 3, para los cultivares menos vigorosos ('Clausellina', 'Okitsu'...), y 6,5 × 6, para

los de mayor vigor (limoneros y pomelos). Generalmente se plantan en meseta, para evitar el contacto directo del agua con el tronco, y en las nuevas transformaciones y con las nuevas técnicas de riego la distribución de los árboles sigue las curvas de nivel.

Aunque en el minifundio todavía se sigue practicando el **laboreo** para combatir las malas hierbas y organizar el terreno para el riego, el no laboreo con la aplicación de herbicidas está cada vez más extendido.

En la mayor parte de las zonas cítricas del mundo estos árboles necesitan del **riego** para producir cosechas elevadas y de calidad. Se utiliza el riego por inundación y, cada vez más, el riego localizado, sobre todo por goteo. Las necesidades máximas de estas especies se producen durante el final de la primavera y el verano, estableciéndose una ETc entre 2,5 y 3,0 mm/día para un Kc entre 0,6 y 0,8 (ver Agustí, 2003).

En el minifundio la fertilización se lleva a cabo manualmente y cuando es posible se efectúa mecánicamente. Pero en las nuevas plantaciones con riego localizado es la **fertirrigación** el sistema empleado. Para resolver problemas nutricionales puntuales se recurre a las **aplicaciones foliares** que, por otra parte, son mayoritarias para el control de plagas, enfermedades y la aplicación de fitorreguladores.

En los viveros el **injerto** más utilizado para la obtención de plantas nuevas es el *microinjerto de yemas*, realizado a partir de varetas muy jóvenes, de sección triangular, de árboles adultos, y con yemas bien formadas que se separan cortando parte de la madera. En el patrón se realiza un corte en T o en T-invertida y en él se inserta la yema, y se ata hasta que prenda el injerto. El cambio de variedades se lleva a cabo mediante el **sobreinjerto** de árboles adultos a partir de yemas de varetas de sección circular de árboles en plena producción. En este caso se practica el *injerto de plancha*, abriendo una pequeña ventana en el árbol receptor en la que se encaja la plancha, con la yema, procedente del árbol origen, se realiza un corte de la corteza por la zona inmediatamente superior al injerto, para favorecer la brotación de la yema, y se ata hasta que prenda la madera. A continuación se elimina parte de las ramas de la variedad a sustituir, dejando un tramo de rama próximo al injerto como tutor del nuevo brote y, progresivamente, se van eliminando, hasta su totalidad, las ramas de la variedad anterior dejando paso a las del nuevo cultivar.

La **poda** de formación de estas especies consiste en ordenar la estructura del árbol en un tronco del que arrancan, a partir de 60-80 cm y en todas direcciones, tres ramas principales y de ellas, a su vez, ramas secundarias, terciarias, etc., conformando un esqueleto rígido y ordenado que permita mantener la luminosidad y aireación internas con la poda de mantenimiento. Esta debe ser moderada y consiste en eliminar las ramas pequeñas, secas y cruzadas, chupones, de gran vigor, y ramas altas de difícil acceso. La poda de fructificación se centra en reducir el vigor de las ramas, provocando su ramificación lateral y facilitando su desarrollo horizontal. La poda mecánica se realiza con maquinaria específica o con grandes cuchillas circulares articuladas en bastidores conectados a la toma de fuerza de tractores. En este caso no hay selección de ramas y la poda se limita a dar forma al árbol reduciendo su altura (*topping*) y anchura (*hedging*) para abrir calles que permitan el paso del personal y de la maquinaria.

El **rayado de ramas** también se practica en Citricultura. Consiste en realizar un corte fino de la corteza de las ramas secundarias o terciarias (según su diámetro) alrededor de todo el perímetro de las mismas. Con esta técnica se consigue aumentar la disponibilidad de carbohidratos por parte de los órganos situados por encima de la zona de rayado. Se emplea para favorecer la brotación de los injertos, mejorar el cuajado, aumentar el tamaño final del fruto, acelerar la maduración y promover la floración.

La totalidad de los cvs. de naranjas y mandarinas cultivados en España son partenocárpicos. Aunque, en general, su producción es buena, en algunos casos su capacidad de **cuajado** es escasa y/o algunos factores endógenos, cuando están desequilibrados, pueden reducirla marcadamente. En la mayor parte de las variedades los problemas se presentan cuando la planta florece mucho, siendo entonces incapaz de nutrir a todos los ovarios que inician el desarrollo, provocando la caída de la mayor parte de ellos y reduciéndose significativamente la cosecha. En éstas, el cuajado y desarrollo inicial del fruto dependen, entre otros factores, de los efectos de competencia establecidos entre el número de flores en desarrollo. Pero en otras es la ausencia de flores la causa de ello. La reducción del número de flores siempre está relacionada con un número muy elevado de frutos cosechados (alternancia de cosechas), y la acción de éstos puede ser a través de un efecto nutricional, reduciendo la acumulación de reservas previa a la diferenciación floral, o a través de una inhibición de la floración provocada por la síntesis de giberelinas que tiene lugar en los frutos. La solución a ambos problemas es diferente y con eficacia, a su vez, distinta.

La competencia entre flores puede reducirse mediante la *inhibición parcial de la floración*. La aplicación de ácido giberélico durante el reposo invernal disminuye, significativamente, el número de flores formadas, al mismo tiempo que las redistribuye en los diferentes tipos de brotes. Experimentos realizados en España con el naranjo dulce 'Navelate', que tiende a florecer profusamente, demuestran que la aplicación de 25 mg l⁻¹ de ácido giberélico reduce la floración en, aproximadamente, un 50%, reduciendo, al mismo tiempo, el número de flores situadas en brotes sin hojas (Tabla 14.9).

TABLA 14.9

Influencia de la aplicación de ácido giberélico (25 mg l⁻¹) sobre la brotación y floración del naranjo dulce cv. 'Navelate'

Fechas de tratamiento	Flores	Brotes mixtos	Brotes afilos	Brotes vegetativos
—	114,5 a	7,5	31,8 b	3,5
29. Nov.	62,9 a	6,2	15,8 a	4,8
15. Dic.	80,3 a	6,8	16,4 a	3,5
19 Nov. + 15 Dic.	66,1 a	7,1	14,4 a	6,1
15 Dic. + 31 Dic.	75,9 a	10,2	16,7 a	6,0
Signif.	1%	ns	1%	ns

Pero algunas variedades, aún en condiciones de escasa competencia, son incapaces de cuajar en cuantía suficiente para dar una buena cosecha. Estas son, generalmente, variedades sin semillas cuya capacidad partenocárpica es baja o muy baja. En éstas, la aplicación de giberelinas (ácido giberélico; AG), se ha desarrollado como una técnica eficaz para aumentar su producción. La aplicación de 5 mg l^{-1} a la mandarina 'Clementina', cuando el 90% de las flores han perdido los pétalos, incrementa significativamente el número de frutos recolectados. Aunque la respuesta es general en todas las parcelas, existen marcadas diferencias cuantitativas entre ellas. La razón de ello es la presencia de los fenómenos de competencia entre frutos en desarrollo. En efecto, la aplicación de AG incrementa el número de frutos que inician el desarrollo, pero si éste es muy elevado, consecuencia de una floración intensa, la abscisión no se evita, aunque se pospone; por el contrario, si el número de flores es reducido, la competencia es baja y el número de ovarios que inician su desarrollo, tras la aplicación de AG, no sólo aumenta sino que persiste, en un mayor porcentaje, hasta la recolección. Una demostración de este fenómeno lo constituye la comparación de la respuesta a las aplicaciones de AG de árboles de naranjo dulce 'Navelate' con diferente nivel de floración (Fig. 14.2). La relación número de flores-cuajado inicial es negativa, como corresponde al proceso, pero las rectas que relacionan ambas variables tienen diferente pendiente según el tratamiento efectuado, de modo que las diferencias en el cuajado debidas a la aplicación de AG son evidentes cuando la floración es reducida; si ésta es muy intensa la eficacia del AG es inexistente.

Una técnica alternativa la constituye el rayado de ramas. La época más adecuada de aplicación del rayado se ha determinado en la mandarina 'Fortune', y depende de la productividad del árbol. La mandarina 'Fortune' es una variedad autoincompatible y forma parte del grupo de mandarinas insensibles a las aplicaciones exógenas de giberelinas para promover el cuajado (Tabla 14.10), al menos en las condiciones climáticas mediterráneas.

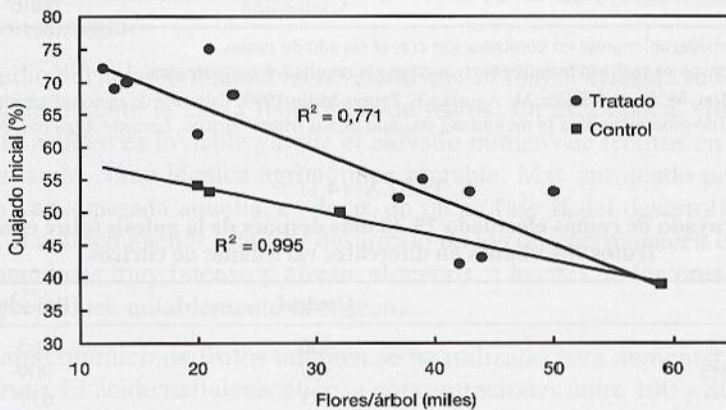


Figura 14.2. Influencia de la intensidad de floración sobre la respuesta a la aplicación de ácido giberélico (5 mg l^{-1}) para aumentar el cuajado en el naranjo dulce 'Navelate'.
(Fuente: Agustí *et al.*, 1982, *Scientia Hort.*, 17:257-264).

Aunque en esta variedad no se ha estudiado el contenido endógeno de giberelinas durante la floración y caída de pétalos, es de suponer que la falta de respuesta indica que se deba a la presencia de concentraciones suficientes de éstas, durante estas fases, para asegurar el cuajado de las flores. De hecho, observaciones previas han puesto de manifiesto que el porcentaje de flores que alcanza el estado de fruto es elevado, pero su crecimiento posterior es muy lento y la mayor parte de ellos no superan el período de abscisión y se desprenden de la planta durante la fase I de su desarrollo. En estas condiciones, la producción de la mandarina 'Fortune', y de otras variedades de comportamiento similar, puede mejorarse con el rayado de ramas (Tabla 14.11).

TABLA 14.10

Respuesta de diferentes cvs. de cítricos a las aplicaciones exógenas de ácido giberélico

Cultivar	Efecto	Cultivar	Efecto
<i>Naranjas</i>		<i>Mandarina clementina</i>	
W. navel	Nulo	Loretina	Notable
Navelina	Nulo	Marisol	Nulo ²
Navelate	Escaso ¹	Oronules	Notable
Lanelate	Nulo ²	Clemenpons	?
Pineapple	Nulo	Beatriz	?
Salustiana	Nulo	Arrufatina	Escaso
Valencia	Nulo	Esbal	Posible-Nulo
<i>Híbridos</i>		Orobal	Notable-escaso
		Cl Fina	Notable
		Clemenules	Notable
M Nova	Nulo	Hernandina	Escaso
T. Minneola	Nulo		
M. Fortune	Escaso-Nulo	<i>Mandarina Satsuma</i>	
T. Ellendale	Escaso	Owari	Nulo
T. Ortanique	Nulo	Okitsu	Nulo
		Clauselina	Nulo

¹ Aumenta considerablemente en combinación con el rayado de ramas.

² En algunos casos se realizan tratamientos, aunque sin resultados consistentes.

Fuente: M. Talón, M. Juan, J. Soler, M. Agustí y E. Primo-Millo 1999. Criterios de racionalización de las aplicaciones de ácido giberélico para la mejora del cuajado de los frutos cítricos. *Levante Agrícola*, 347:128-133.

TABLA 14.11

Efecto del rayado de ramas efectuado 25-30 días después de la antesis sobre el número de frutos cosechados en diferentes variedades de cítricos

	Control	Rayado
N. Navelate	436	563
M. Clemenules	387	909
M. Oroval	481	677
M. Fortune	88	510
T. Ellendale	76	293

Todas las diferencias son significativas.

Al igual que en el caso de las aplicaciones de AG, el rayado de ramas en condiciones de elevada floración es incapaz de promover el cuajado, lo que indica que es la competencia entre órganos en desarrollo la causa de la escasa capacidad de cuajado de estas plantas. En estas condiciones, la disponibilidad del fruto por carbohidratos se halla tan comprometida que mejorarla es, prácticamente, imposible y por eso el rayado de ramas resulta ineficaz.

En los casos en los que la falta de cosecha es consecuencia de la ausencia de flores, la solución se complica porque no se dispone de técnicas eficaces para promover la floración. Por una parte, la aplicación de inhibidores de la síntesis de giberelinas ha mostrado una respuesta errática; por otra, el estrés hídrico, seguido de su rotura, aunque consigue promover la floración, es de difícil manejo y, además, para promover la floración en primavera de naranjas y mandarinas debe efectuarse durante el invierno, momento en que la planta está en reposo. Esta última técnica, sin embargo, se utiliza con éxito en el limonero para promover la floración de agosto a octubre; ésta da lugar a frutos que se recolectan en septiembre del año siguiente, denominados «Verdelli», muy apreciados comercialmente.

El tamaño del fruto también está inversamente relacionado con el número de frutos por árbol. Ambas variables se hallan relacionadas según una curva, de modo que sólo cuando el número de frutos es inferior a un determinado nivel, distinto según la variedad, condiciona su tamaño. Por encima del mismo, el fruto adquiere su mínimo tamaño, que no depende del número de frutos, sino de su carga genética. Pero la correlación entre ambas variables es baja, de modo que el tamaño que finalmente alcanzan los frutos no puede explicarse simplemente como consecuencia de una relación de competencia entre frutos en desarrollo. A pesar de ello, la reducción del número de frutos puede ser utilizada como técnica para aumentar su tamaño, aunque ello lleva implícita la reducción de cosecha. Esta técnica, conocida como *aclareo de frutos*, puede llevarse a cabo tanto manual como químicamente.

El estudio del aclareo manual ha revelado que su mayor eficacia se logra cuando se efectúa durante la caída fisiológica de frutos. En esta época, sin embargo, este tipo de aclareo es inviable ya que el elevado número de frutitos en desarrollo impide utilizarlo como técnica agronómica rentable. Más apropiado parece efectuarlo una vez superada aquella, es decir, en plena fase II del desarrollo; pero en este caso, el aclareo apenas altera al desarrollo de los que permanecen en el árbol, excepto cuando es muy intenso y afecta, al menos, a los 2/3 de los presentes en el árbol, lo que reduce notablemente la cosecha.

El aclareo químico de frutos también se ha utilizado para aumentar el tamaño final del fruto. El ácido naftalenacético, a concentraciones entre 100 y 800 mg · l⁻¹, el ácido 2-cloroetilfosfónico, entre 200 y 300 mg · l⁻¹, y el ácido 3,5,6-tricloro-2-piridil-oxiacético, a 15-20 mg · l⁻¹, aplicados en fases precoces del desarrollo del fruto (Fase I), son capaces de provocar la abscisión de un número elevado de fru-

tos, con el consiguiente incremento de su tamaño y la reducción de cosecha. También en este caso, para que el tratamiento sea eficaz ha de afectar, al menos, a los 2/3 de los frutos del árbol.

El número de flores producidas por la planta también tiene una gran influencia en la determinación del tamaño final alcanzado por el fruto, habiéndose encontrado, generalmente, relaciones más estrechas entre ambos parámetros que entre el número de frutos y su tamaño. Esta mayor influencia del número de flores indica que la determinación del tamaño final del fruto queda establecida durante las fases iniciales de su desarrollo, y que una vez completada la caída fisiológica, la competencia entre frutos tiene una influencia muy reducida en su crecimiento.

A pesar de la relación existente entre el número de frutos y su tamaño, en la práctica resulta factible aumentar el tamaño final del fruto sin reducir el número de frutos. La aplicación de auxinas de síntesis permite lograr este objetivo (Agustí *et al.*, 1994). Aplicaciones durante los últimos días de la caída fisiológica de frutos, esto es, cuando cesa la división celular, las vesículas llenan por completo los lóculos y sus células inician el crecimiento y la acumulación de zumo, aumentan significativamente el tamaño final del fruto sin provocar aclareos.

La respuesta a este tipo de sustancias es creciente con la concentración y saturante para un nivel de esta variable con la auxina. En la figura 14.3 se representa la acción del éster butilglicólico del ácido 2,4-diclorofenoxipropiónico (2,4-DP) sobre el tamaño final del fruto de la mandarina Satsuma. La respuesta es creciente

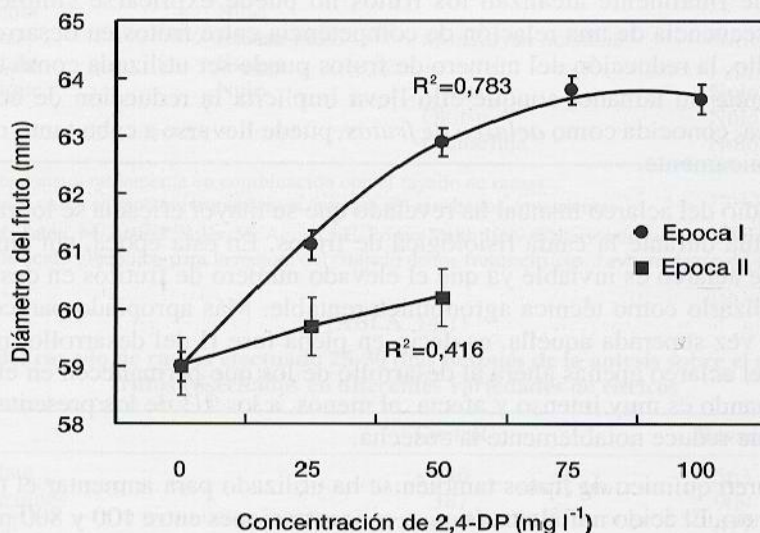


Figura 14.3. Efecto de aplicación del 2,4-DP sobre el tamaño final del fruto de la mandarina Satsuma. Diámetro del fruto en el momento del tratamiento. Epoca I: 25,1 mm; Epoca II: 30,7 mm (Fuente: Agustí *et al.*, 1994).

con la concentración hasta $75 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, superada ésta no se obtiene ningún efecto adicional. Además, se observa como un retraso en el momento de la aplicación reduce marcadamente la respuesta. Resultados similares a los expuestos se han encontrado con otras auxinas de síntesis. Entre ellas, las más eficaces, junto con el 2,4-DP, son el tioéster etílico del ácido 4-cloro-*o*-toliloxi-acético (Fenotiol) y el ácido 3,5,6-tricloro-2-piridiloxiacético (3,5,6-TPA), que se aplican a 30 y 10-20 mg/l, respectivamente. Incrementos entre 3 y 6 mm en el diámetro medio de los frutos, según especies y variedades, se logra con la aplicación de estas auxinas en las condiciones descritas (Agustí y Almela, 1991).

Más importante que el efecto citado sobre el diámetro medio de los frutos es la nueva distribución de sus calibres comerciales en los árboles tratados. En general, se reduce el número de frutos de calibres más bajos y aumenta el de calibres elevados y de mayor valor comercial. Este efecto indica, además, que todos los frutos del árbol tratado son afectados por la auxina, independientemente de su tamaño.

El efecto sobre el crecimiento del fruto conseguido con la aplicación de auxinas de síntesis no altera las características intrínsecas del fruto en el momento de la maduración. Los cambios que se producen se deben, exclusivamente, al incremento de tamaño que el fruto experimenta. A pesar de ello, en la mayor parte de los casos el contenido en pulpa del fruto es siempre mayor, tanto en valor absoluto como relativo al peso del fruto, independientemente del tamaño de éste. Esto indica un efecto directo de la auxina sobre el desarrollo de la pulpa, que está basado en un estímulo del crecimiento celular y, por tanto, en la acumulación de materia seca. Ninguna otra parte del fruto sufre variaciones.

El estímulo del crecimiento del fruto también puede conseguirse, como se ha indicado más arriba, mediante el *rayado de ramas*. La eficacia depende de la época de realización, coincidiendo la más adecuada, al igual que para la aplicación de auxinas de síntesis, con el final de la caída fisiológica de frutos. Un retraso en su realización disminuye su eficacia, aunque un cierto efecto se detecta hasta principios de septiembre. Del mismo modo, su ejecución antes del final de la caída fisiológica de frutos supone una pérdida de efecto, tanto mayor cuanto mayor es la anticipación. Hay que tener en cuenta que el rayado, desde la antesis hasta el final de la caída fisiológica, aumenta el cuajado y, por tanto, el número de frutos que persisten en la planta, lo que repercute negativamente sobre su tamaño final.

La calidad de los frutos también se valora por la ausencia de **alteraciones fisiológicas** de su corteza y/o pulpa. De entre estas, en los cítricos, merecen destacarse las siguientes (Zaragoza y Agustí, 1998):

La *clareta*, o *creasing*, que se caracteriza por la presencia de pequeñas grietas y roturas en el albedo que alternan con áreas de abultamiento de la corteza (Foto 14.11 A y B). Esta alteración se halla muy extendida por toda la citricultura mundial y afecta a todas las variedades, si bien es particularmente importante en las naranjas 'Navelina' y 'Valencia' y en las mandarinas Clementinas. Su origen es un fallo de la

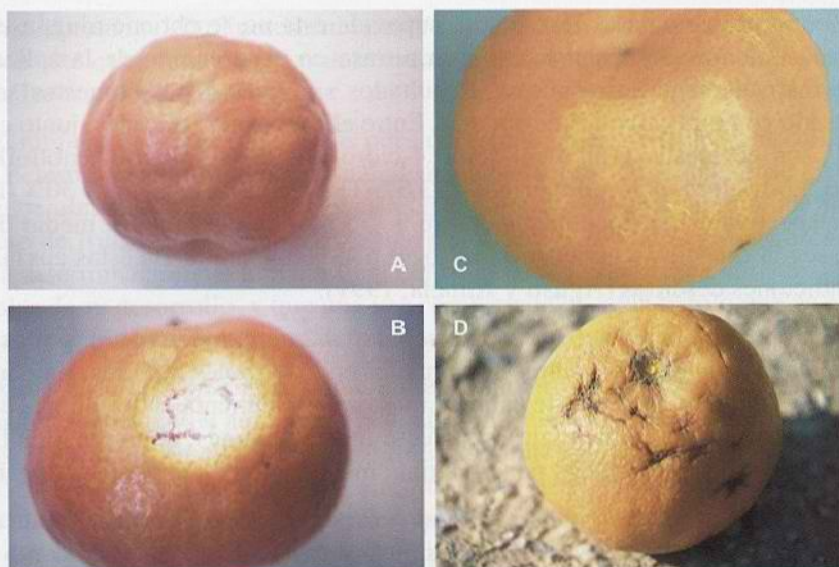


Foto 14.11. Síntomas externos (A) e internos (B) de *creasing* o *clareta* y de *pixat* en estados precoces (C) y finales (D), en frutos de mandarina 'Clemenules'.

actividad enzimática durante las primeras fases del desarrollo del fruto y que termina por degradar las paredes celulares. Esta alteración es de origen genético, aunque las fluctuaciones de humedad y la amplitud térmica determinan su intensidad. Una aplicación de AG ($12 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$), junto con NO_3K (2%) o $\text{PO}_4\text{H}(\text{NH}_4)_2$ (2%), en el mes de julio reduce significativamente su incidencia.

El *bufado* del fruto es una alteración caracterizada por la separación entre su corteza y pulpa. Se inicia con la formación de espacios intercelulares en el albedo, que aumentan de tamaño cuando, coincidiendo con el cambio de color del fruto y con el cese del desarrollo de la pulpa, la corteza reinicia un crecimiento, limitado pero significativo, separándose de aquella. La aplicación de AG ($10 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$), un mes antes del cambio de color, reduce notablemente su incidencia, aunque retrasa su maduración externa.

El *rajado* o *splitting*, se caracteriza por el agrietamiento de la corteza que no puede soportar la presión ejercida por el crecimiento de la pulpa. Se presenta en todas las variedades, pero es especialmente agresivo en la mandarina 'Nova' y el tangor 'Ellendale'. La aplicación de nitrato cálcico (2%) o de una mezcla de ácido giberélico y 2,4-D, ambos a $10 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, a principios de julio y repetida a principios de agosto, reduce significativamente su incidencia.

En las Clementinas, cuando los frutos superan su maduración óptima, aparecen sobre su corteza una serie de alteraciones ligadas a la senescencia que reciben globalmente el nombre de *pixat*. Estas consisten en grietas, decoloraciones, áreas

colapsadas, etc., que impiden la comercialización de los frutos, sobre todo de las mandarinas Clementinas, especialmente sensibles (Foto 14.11 C y D). El AG es un potente antisenescente y su aplicación, a concentraciones de $5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, sólo o en combinación con sales nitrogenadas, antes de que se inicie aquella, retrasa la aparición de alteraciones durante 30-45 días, lo que permite prolongar el periodo de comercialización sin pérdidas notables de calidad. El retraso en la coloración que el tratamiento provoca, la pérdida de zumo de los frutos, que no se evita con él, y la reducción de la floración de la primavera siguiente, como consecuencia del retraso en la recolección, son aspectos que deben tenerse en cuenta.

Finalmente, con el avance de la maduración el fruto de algunas variedades tiende a desprenderse del árbol, reduciendo la cosecha. La *abscisión del fruto maduro* puede reducirse, de modo eficaz, con la aplicación de 2,4-D, a una concentración de $15 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. La adición de AG ($10 \text{ m} \cdot \text{l}^{-1}$) resulta siempre conveniente, ya que evitar la abscisión es consecuencia de un interés en posponer la recolección y el AG contribuye a mantener la corteza del fruto en buenas condiciones.

10. Referencias bibliográficas

- Agustí, M. 2003. *Citricultura*. 2.ª ed. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Agustí, M. y Almela, V. 1991. *Aplicación de fitorreguladores en citricultura*. Ed. Aedos, Barcelona, España.
- Agustí, M.; Almela, V.; Aznar, M.; El-Otmani, M. y Pons, J. 1994. «Satsuma mandarin fruit size increased by 2,4-DP». *HortScience*, 29:279-281.
- Agustí, M.; Zaragoza, S.; Bleiholder, H.; Buhr, L.; Hack, H.; Klose, R. y Staub, R. 1997. «Adaptation de l'échelle BBCH à la description des stades phénologiques des agrumes du genre *Citrus*». *Fruits*, 52:287-295.
- Davies, F.S. y Albrigo, L.G. 1994. *Citrus*. CAB International, Wallingford, Oxon, UK.
- Durán-Vila, N. y Moreno, P. (Eds.) 2000. *Enfermedades de los cítricos*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Forner, J.B. 1979. *Los patrones de agrios en España*. Comun. INIA, Er. Prod. Veg., n.º 24.
- García-Marí, F.; Costa, J. y Ferragut, F. 1994. *Plagas agrícolas*. Agropublic, S.L. (Phytoma-España), Valencia, España.
- Garrido, A. y Ventura, J.J. 1993. *Plagas de los cítricos. Bases para el manejo integrado*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España.
- González-Sicilia, E. 1968. *El cultivo de los agrios*. Ed. Bello, Valencia, España.
- Legaz, F. y Primo-Millo, E. 1988. Normas para la fertilización de los agrios. Consell. d'Agric. i Pesca. Fullets Divulgació, n.º 5-88. Valencia, España.
- Legaz, F.; Serna, M.D.; Ferrer, P.; Cebolla, V. y Primo-Millo, E. 1995. *Análisis de hojas, suelos y aguas para el diagnóstico nutricional de plantaciones de cítricos. Procedimiento de toma de muestras*. Generalitat Valenciana, Valencia, España.
- Loussert, R. 1987. *Les Agrumes* (Vol I y II). Tec & Doc Lavoisier, Paris, Francia.
- Massapina, J.F. y Gonçalves, F.N. 1997. *Citricultura. Guía ilustrada*, 2.ª ed. Gráfica Comercial-Arnaldo Matos Pereira, Ltda. Loulo, Portugal.
- Moreno, P. 1993. *Virosis de los cítricos y métodos de control*. I Cong. Citric. de La Plana: 179-197.

- Reuther, W. (Eds.). (1967-1979). *The Citrus Industry*. Vols. I, II, III, IV y V, Univ. California, Div. Agric. Nat. Res., Oakland, California, EE.UU.
- Scaramuzzi, G.; Catara, A.; Cartia, G. y Grasso, S. 1986. *Le malattie degli agrumi*. Edagricole, Bolonia, Italia.
- Spina, P. (Ed.). 1985. *Trattato di Agrumicoltura*. Edagricole, Bolonia, Italia.
- Vacante, V. y Calabrese, F. (Eds.). 2009. *Citrus. Trattato di Agrumicoltura*. Edagricole, Milán, Italia.
- Zaragoza, S. y Agustí, M. 1998. «Principales desórdenes fisiológicos de los frutos cítricos». *Phytoma*, 100:107-122.

CAPITULO 15

EL OLIVO

1. Introducción

El olivo, *Olea europaea* L., pertenece al orden *Oleales*, familia *Oleaceae*, en la que se encuentran un gran número de especies distribuidas por las regiones tropicales y templadas del planeta. El olivo es originario de la región que va desde el sur del Cáucaso a las altiplanicies de Irán, Palestina y Siria; de ahí se extendió a todos los países ribereños del Mediterráneo. Con el descubrimiento de América pasó y se extendió por dicho continente. Actualmente también se cultiva en Australia, China, Japón y Sudáfrica.

En la actualidad se estima que existen en el mundo unos 960 millones de olivos, de los cuales más de 945 se hallan en los países de la Cuenca Mediterránea, ocupando una superficie superior a los 9×10^6 ha. La mayor parte del cultivo del olivo se encuentra en régimen de secano y solamente unos 50 millones de árboles se encuentran en regadío. La producción de aceitunas asciende a unos 10×10^6 t, de las cuales el 90% se destinan a la producción de aceite.

España destina al cultivo del olivo $2,4 \times 10^6$ ha; de ellas, el 90% se encuentran en secano. Andalucía, con $1,45 \times 10^6$ ha, ocupa el primer lugar seguida de Castilla-La Mancha, con 340×10^3 ha, Extremadura, con 280×10^3 ha, Cataluña (140×10^3 ha) y la Comunidad Valenciana (95×10^3 t). La producción total es de $3,5 \times 10^6$ t anuales. Italia posee $1,12 \times 10^6$ ha de olivar y produce $2,5 \times 10^6$ t anuales de aceituna.

España es el primer país productor de aceite de oliva (30% de la producción mundial). Actualmente se producen unas 900×10^3 t/año de aceite, de las que 400×10^3 t/año son exportadas a Italia, Francia, Portugal y EE.UU. La producción española de aceituna de mesa asciende a unas 400×10^3 t/año, ocupando el primer

lugar en el mundo sobre cuya producción total representa el 25%. De ellas el 55% se exporta a otros países de la UE (30%), EE.UU. (40%) y Canadá (5%).

Morettini (1972), Lavee (1986) y Barranco *et al.* (2001) han estudiado a fondo el cultivo de esta especie.

El olivo en cultivo es un árbol de mediano tamaño (4-6 m de altura), vigoroso, muy longevo, de copa muy voluminosa, tronco fuerte, grueso, irregular y de corteza gris verdosa (Foto 15.1) y de madera muy apreciada. Sus hojas, perennes (entre 1 y 3 años de vida), son simples, opuestas, lanceoladas, coriáceas, de tamaño variable con el cv. (1-2,5 cm de ancho y 3-7 cm de largo), con el nervio central muy marcado, poco pecioladas y de color verde oscuro y brillante por el haz y claro y mate por el envés (Foto 15.1). Las flores, pequeñas, blanco-verdosas y reunidas en racimos (4-6 brazos de 15-30 flores cada uno), son radiadas y tretámeras, con dos estambres y ovario súpero bicarpelar y sincárpico. El fruto, la aceituna, es una drupa, de mesocarpo carnoso y rico en aceite, de forma oval y tamaño variable con el cv. (1-2 g las pequeñas y 10-20 g las grandes), de color verde para su consumo en mesa y negro en la madurez y de endocarpo muy duro, más o menos rugoso y forma entre oval y redondeada. La semilla posee un endospermo rico también en aceite.



Foto 15.1. Árbol de olivo cv. 'Farga'. Las hojas del olivo son simples, opuestas y brillantes por el haz. De las yemas axilares surgen las inflorescencias.

2. Clasificación agronómica

Las variedades de olivo cultivadas en España se clasifican, según su importancia y difusión, en *principales*, las que son dominantes por su superficie de cultivo

en alguna comarca, *secundarias*, cuando no dominan en ninguna, *difundidas*, que se encuentran como árboles aislados, y *locales*.

Pero la clasificación importante es aquella que hace referencia al destino del fruto, es decir aceitunas para aceite y aceitunas de mesa. Las características de las variedades más importantes, ordenadas por época de maduración, se resumen a continuación.

Aceitunas para aceite

- *Lechín de Sevilla*. Se cultiva en unas 185.00 ha, todas en Andalucía. Arbol vigoroso, se adapta a todo tipo de suelos, especialmente a los calizos que tolera bien. Presenta cierta tolerancia a la salinidad. Resistente al repilo es, sin embargo, sensible a la tuberculosis. Fruto resistente al desprendimiento, que dificulta su recolección mecánica, de tamaño pequeño y rendimiento graso medio (18%). Aceite de calidad, con elevado índice de estabilidad, y buen contenido en ácido oleico (69%). Madura desde mediados de noviembre a mediados de diciembre.

- *Picual*. Es la variedad más cultivada, con unas 725.000 ha en Andalucía. Arbol vigoroso, de ramos cortos y tendencia a ramificar. De rápida entrada en producción, fácil de cultivar y productivo. Tolerante a la tuberculosis, pero muy sensible al repilo y verticilosis. Fruto de tamaño pequeño (Foto 15.2) y elevado rendimiento graso (22%). Aceite de calidad media, con un alto índice de estabilidad y elevado contenido en ácido oleico (78%). Madura entre mediados de noviembre y finales de diciembre.

- *Hojiblanca*. Se cultivan en España unas 235.000 ha, todas en Andalucía. Arbol vigoroso, de ramos frutíferos largos y colgantes. Resistente a la caliza activa, pero sensible al repilo, tuberculosis y verticilosis. Fruto resistente al desprendimiento, que impide su recolección mecánica, de buen tamaño, pero de reducido rendimiento en aceite (17%), de pulpa firme, se utiliza también como aceituna de mesa para el aderezo en negro. Aceite de buena calidad, con un índice de estabilidad medio y elevado contenido en ácido oleico (76%). Madura desde mediados de noviembre a finales de diciembre.

- *Cornicabra*. Muy extendida en Castilla-La Mancha, donde se cultivan cerca de 270.000 ha. Arbol vigoroso, de buena adaptación a suelos pobres y zonas secas y frías. Tolerante a la caliza activa. Muy sensible al repilo y tuberculosis. Fruto de elevada resistencia al desprendimiento, lo que impide su recolección mecánica, de tamaño medio-pequeño y rendimiento graso medio (19%). Aceite de gran calidad organoléptica, elevado índice de estabilidad y alto contenido en ácido oleico (77%). Madura entre finales de noviembre y principios de enero.

- *Arbequina*. Variedad cultivada en Cataluña y Andalucía, ocupa un total de 90.000 ha. Poco vigorosa, de ramos largos, poco ramificados, rápida entrada en

producción y muy productiva. Resistente al frío pero sensible a la clorosis férrica. Muestra tolerancia al repilo y a la verticilosis. Fruto de pequeño tamaño, de forma ovalada y corta, baja proporción pulpa/hueso, buen rendimiento graso (20%), elevado contenido en ácido oleico (66%), aunque con bajo índice de estabilidad. Madura en diciembre.

Existen gran cantidad de cvs. *principales* y *locales*, la mayoría de los cuales con un buen rendimiento en aceite y de calidad aceptable para consumo como aceituna de mesa. Los nombres que reciben varían con las zonas de cultivo y aunque existen muchos estudios al respecto, no han tenido la difusión necesaria y, sobre todo, no han sido contrastados para llegar a una clasificación uniforme. Entre ellos pueden citarse los cvs. 'Blanqueta', 'Callosinas' (Foto 15.2), 'Carrasqueña', 'Changlot', 'Farga', 'Serrana', 'Villalonga', etc.

Aceitunas de mesa

- *Gordal sevillana*. Se cultivan en España unas 30.000 ha, mayoritariamente en la provincia de Sevilla. Arbol vigoroso, de escasa capacidad de enraizamiento, por lo que se propaga por injerto, de productividad variable por sus dificultades de polinización, tolerante al frío, resistente al repilo y sensible a la tuberculos. Tamaño del fruto muy grande (13 g/fruto) (Foto 15.2), pero de baja calidad

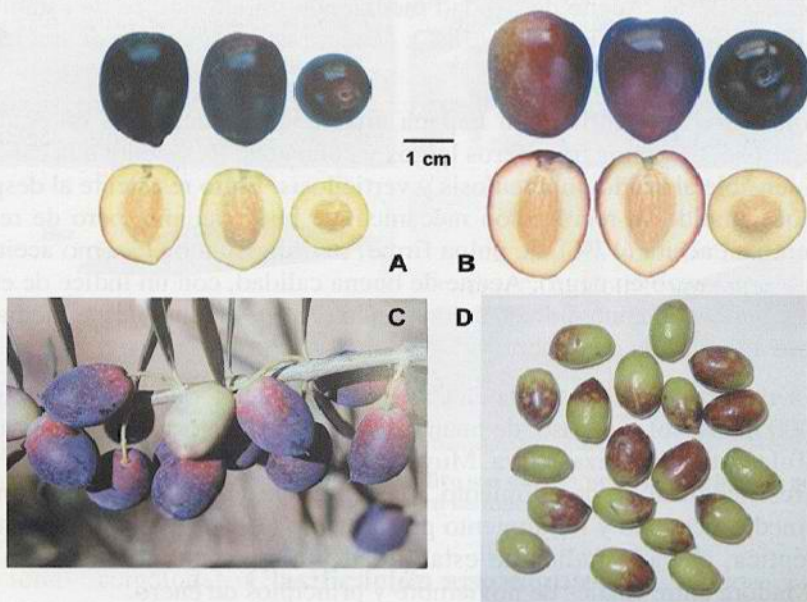


Foto 15.2. Frutos de olivo cvs. 'Picual' (A), 'Gordal Sevillana' (B), 'Manzanilla de Sevilla' (C) y 'Callosinas' (D). (A, B y C: Paz, S. 2003, *CV Agraria*, 23:31-32)

de pulpa, escaso rendimiento en aceite (15%), aunque con elevado contenido en ácido oleico (72%). Madura entre principios de noviembre y principios de diciembre.

- *Manzanilla de Sevilla*. Es la variedad más difundida en el mundo. En España se cultivan 85.000 ha en las provincias de Sevilla y Badajoz. Árbol de vigor reducido y rápida entrada en producción. Sensible a la caliza activa, al frío y al repilo y muy sensible a la tuberculosis y verticilosis. Fruto de tamaño medio-grande (4,5 g/fruto) (Foto 15.2), con una elevada calidad de su pulpa, sabor muy agradable, buen contenido en ácido oleico (70%) y elevado rendimiento en aceite (20%). Madura entre mediados de noviembre y finales de diciembre.

3. Adaptación ecológica

El olivo posee su hábitat ideal entre las latitudes 30° y 45°, tanto en el HN como en el HS, con climas tipo Mediterráneo de veranos secos y calurosos. Su límite de cultivo lo imponen las temperaturas mínimas y, aunque las que puede soportar dependen de la variedad, se acepta que por debajo de -5° C se manifiestan daños, y estos son graves cuando las temperaturas descienden de -8° C.

Su cultivo es posible por debajo de los 800 m de altitud; por encima la fructificación disminuye y las bajas temperaturas pueden afectar a su desarrollo. A pesar de ello, todas las variedades necesitan de un cierto número de horas frío para su vegetación y floración normales.

El olivo se adapta a los tipos de suelo más variados, siempre que disponga de un mínimo de agua. Así, se encuentra en suelos arenosos, en los que vegeta hasta en zonas desérticas con pluviometrías inferiores a 200 mm/año, y en suelos arcillosos, en los que exige pluviometrías medias de 500 mm/año o riego.

Se considera una planta resistente a la sequía, sensible a la asfixia radicular y moderadamente tolerante a la salinidad.

4. Estadios fenológicos del olivo. Codificación BBCH

La descripción de los estadios fenológicos del olivo están basados en la escala que Fleckinger estableció en los años 40. Es difícil, por otra parte, encontrarla para el olivo, y solamente Andrés (1991) la describe con precisión, pero dentro de las directrices establecidas por Fleckinger. La escala BBCH, como ya se ha indicado para otras especies, establece criterios de clasificación fenológica homologables entre todas las especies frutales (ver Capítulo 6). Sanz-Cortés *et al.* (2002) han establecido la correspondiente al olivo, cuyos estadios principales se presentan a continuación (Fig. 15.1). En éstas, como en otras especies frutales, los estadios 2

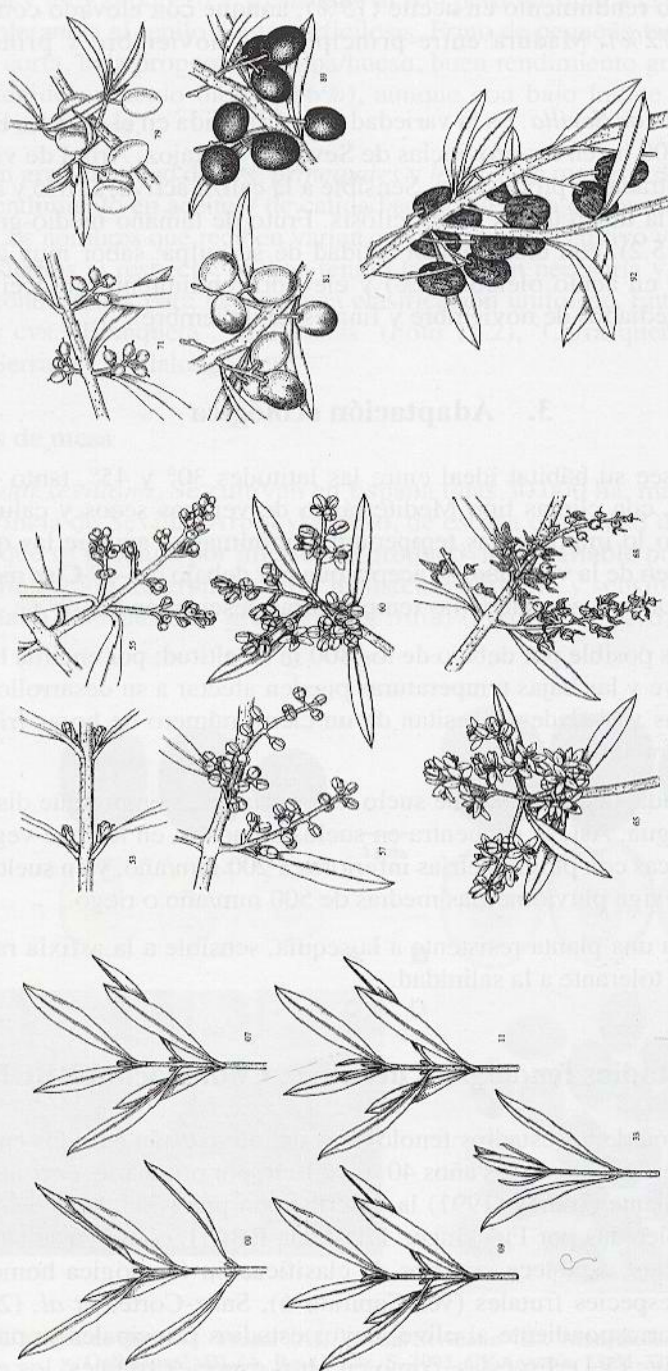


Figura 15.1. Estadios BBCH del desarrollo del olivo (Fuente: Sanz-Cortés et al., 2002).

(desarrollo de brotes laterales) y 4 (desarrollo de las partes vegetativas cosechables) no tienen sentido y, por tanto, se omiten.

Estadio principal 0: Desarrollo de las yemas vegetativas

- 00 Las yemas foliares, situadas normalmente en el ápice de los brotes del año anterior, están completamente cerradas y son puntiagudas, sin pedúnculo y de color ocre.
- 01 Las yemas foliares comienzan a hincharse y se entreabren, dejando ver los nuevos primordios foliares.
- 03 Las yemas foliares se alargan y se separan de la base.
- 07 Las hojitas exteriores siguen abriéndose sin separarse del todo, permaneciendo unidos los extremos apicales.
- 09 Las hojitas exteriores siguen separándose y las puntas se entrecruzan.

Estadio principal 1: Desarrollo de las hojas

- 11 Las primeras hojas se separan del todo, tienen un color gris verdoso.
- 15 Se separan más hojas pero sin alcanzar su tamaño final. Las primeras hojas adquieren una tonalidad verdosa en el haz.
- 19 Las hojas alcanzan el tamaño y forma característicos de la variedad.

Estadio principal 3: Desarrollo de los brotes

- 31 Los brotes alcanzan el 10 % de su tamaño final.
- 33 Los brotes alcanzan el 30 % de su tamaño final.
- 37 Los brotes alcanzan el 70 % de su tamaño final.

Estadio principal 5: Desarrollo de las inflorescencias

- 50 Las yemas florales, situadas normalmente en las axilas de las hojas, están completamente cerradas y son puntiagudas, sin pedúnculo y con brácteas de color ocre.
- 51 Las yemas florales comienzan a hincharse y se separan de la base mediante un pedúnculo.
- 53 Las yemas florales se abren: empieza el desarrollo del racimo floral.
- 54 Los brazos del racimo floral comienzan a alargarse.
- 55 Racimo floral totalmente expandido, los botones florales empiezan a abrirse.

57 La corola, de color verde, es mayor que el cáliz.

59 La corola cambia del color verde al blanco.

Estadio principal 6: Floración

60 Apertura de las primeras flores.

61 Comienzo de la floración: alrededor del 10 % de las flores están abiertas.

65 Plena floración: al menos el 50 % de las flores están abiertas.

67 Comienza la caída de pétalos blancos.

68 La mayoría de los pétalos han caído o están marchitos.

69 Fin de la floración, cuajado del fruto y caída de ovarios no fecundados.

Estadio principal 7: Desarrollo del fruto

71 Tamaño de los frutos alrededor del 10 % de su tamaño final.

75 Tamaño de los frutos alrededor del 50 % de su tamaño final. Empieza a lignificarse el hueso (presenta resistencia al corte).

79 Tamaño de los frutos alrededor del 90 % de su tamaño final. Fruto apto para verdeo.

Estadio principal 8: Maduración del fruto

80 El color verde intenso de los frutos se vuelve verde claro, amarillento.

81 Comienzo de la coloración de los frutos.

85 Aumenta la coloración específica de los frutos.

89 Los frutos adquieren el color característico de la variedad, permaneciendo turgentes. Frutos aptos para la extracción de aceite.

Estadio principal 9: Senescencia

92 Los frutos pierden su turgencia y empiezan a caer.

5. Nutrición. Fertilización

Las concentraciones foliares en elementos minerales son el indicador más fiable para determinar el estado nutricional de un olivar. Estas se obtienen a partir de hojas de brotes del año en posición media o basal y que contengan el peciolo, y de

una edad de 3 a 5 meses; se recomienda tomarlas en el mes de julio, época junto con el reposo invernal en la que su contenido permanece prácticamente estable. Las concentraciones foliares en los diversos elementos minerales, clasificados en rangos de importancia, se presentan en la tabla 15.1.

TABLA 15.1

Niveles críticos de nutrientes minerales en hojas de olivo de 3-5 meses de edad

Elemento mineral	Deficiencia	Óptimo	Toxicidad
Nitrógeno (%)	1,4	1,5-2,0	—
Fósforo (%)	0,05	0,1-0,3	—
Potasio (%)	0,4	> 0,8	—
Calcio (%)	0,3	> 1,0	—
Magnesio (%)	0,08	> 0,1	—
Manganeso (ppm)	—	> 20	—
Cinc (ppm)	—	> 10	—
Cobre (ppm)	—	> 4	—
Boro (ppm)	14	19-150	185
Sodio (%)	—	—	> 0,2
Cloro (%)	—	—	> 0,5

Valores expresados respecto de materia seca.

Fuente: Fernández-Escobar, 2001.

Los principales problemas nutritivos del olivar español y mediterráneo, mayoritariamente cultivado en suelos de origen calcáreo, son el nitrógeno y el potasio y, en menor medida, el hierro y el boro; los demás elementos nutritivos no suelen tener importancia. La aplicación foliar de urea a concentraciones del 4%, ha dado buenos resultados para corregir la deficiencia en nitrógeno; se aplica en primavera en combinación con el abonado del suelo, pero en el caso de que ésta sea la única fuente de N, el tratamiento hay que repetirlo dos o tres veces; asimismo, de dos a cuatro aplicaciones de nitrato potásico, al 1%-3%, también resultan eficaces para cubrir las deficiencias en K.

6. Plagas

Las plagas más importantes del olivar español no han cambiado sustancialmente en las últimas décadas. Se resumen, a continuación, los síntomas y daños ocasionados por las más importantes (García-Marí *et al.*, 1994).

- *Mosca del olivo*. Es la plaga más importante del olivar. Se trata de un díptero, *Bractrocera oleae* Gmel., cuyas hembras realizan la puesta en los frutos recién cuajados; tras un periodo de incubación variable, las larvas se desarrollan en el interior de una galería que hacen en la pulpa de la aceituna (Foto 15.3). Esto ocurre en las 3-5 generaciones anuales que presenta, por lo que se trata de una plaga que



Foto 15.3. Frutos de olivo afectados de mosca (*Bractrocera oleae*) (Fotos F. García-Marí).

puede ser devastadora. Sus daños pueden ser, además, indirectos, ya que la calidad del aceite de los frutos atacados es muy inferior a la de los frutos sanos.

- *Polilla del olivo*. Es un lepidóptero, *Prays oleae* Bern., extendido por todos los países de la Cuenca Mediterránea y que representa la segunda plaga en importancia del olivo. Tiene tres generaciones anuales; la filófaga apenas produce daños, la antófaga ataca a las flores impidiendo su cuajado, pero dado el elevado nivel de competencia entre ellas y el reducido cuajado natural de esta especie, el árbol compensa las flores perdidas incrementando el cuajado de las restantes, y la carpófaga que es la que produce los daños más graves. Esta generación provoca una caída extra de frutos durante la abscisión fisiológica de los mismos (junio), pero también ataca a frutos de mayor tamaño (septiembre) provocando su caída; el resultado final es una reducción importante de la cosecha.

- *Cochinilla de la tizne*. Es un cóccido, *Saissetia oleae* Bern. Las ninfas neonatas de la única generación anual que presenta, se fijan en el envés de las hojas y de las ramitas jóvenes, donde realizan la puesta. Durante su estancia, chupa savia y excreta mucha melaza que impregna al olivo y es reclamo, en periodos húmedos, del hongo negrilla. Todo ello contribuye a deprimir la actividad del árbol, que disminuye su brotación y producción.

- *Barrenillo del olivo*. Se trata del coleóptero *Phloeotribus scarabaeoides* Bern., muy extendido por la Cuenca Mediterránea. Sus larvas excavan galerías en las axilas de ramas, yemas, hojas, inflorescencias y pedúnculos de frutos, provocando la caída de los órganos atacados. Los árboles atacados reducen su crecimiento y productividad.

7. Enfermedades

Las **enfermedades criptogámicas** que sufre el olivo afectan tanto a su parte aérea como a sus raíces. De entre las primeras destacan *a)* el *repilo*, probablemente la más importante de todas ellas, originada por el hongo *Spilocaea oleagina* Fries. El síntoma más característico de esta enfermedad se presenta en el haz de las hojas, donde origina unas manchas circulares, de tamaño variable, de color marrón muy oscuro, originadas por la presencia de esporas, y rodeadas de un anillo amarillento sólo visible en primavera. En el envés el síntoma es menos aparente, dando lugar a zonas ennegrecidas discontinuas a lo largo del nervio central. Las hojas afectadas se desprenden del árbol al que pueden dejar prácticamente desnudo. Más raramente afecta al fruto, al que deforma; *b)* la *negrilla de la tizne*, producida por el hongo *Capnodium elaeophilum* Prill., se caracteriza por la formación sobre hojas, ramas, troncos y hasta frutos, de una capa negra superficial formada por esporas y micelios del hongo que viven a expensas de la melaza segregada por la cochinilla *Saissetia oleae*; forma una pantalla que impide o dificulta las funciones básicas como transpiración y fotosíntesis, debilitando al árbol; y *c)* *antracnosis*, *lepra* o *aceitunas jabonosas*, originada por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* Penzig, ataca al fruto cuando cambia de color, produciéndole necrosis deprimidas y redondeadas, de color pardo, que crecen y se fusionan pudriéndolo parcial o totalmente.

De entre las micosis radicales, las más importantes son: *a)* la *verticilosis*, ocasionada por el hongo *Verticillium dahliae*, se inicia, en otoño o invierno, con el amarillamiento de las hojas de los extremos de las ramas y termina con la muerte rápida de éstas, dejándolas secas y sin desprenderse; también puede atacar en primavera, produciendo un decaimiento lento, caída de hojas y momificado de inflorescencias, que quedan adheridas a las ramas; y *b)* *podredumbres radicales*, originadas por los hongos *Armillaria mellea* (Vahl ex Fr.) P. Karst, *Rosellinia necatrix* (R. Hartig.) Berlese, con sintomatologías y daños similares a los descritos en los frutales de hueso y pepita.

Las **virosis** en el olivo apenas tienen importancia, a pesar de lo cual se han identificado algunas que se manifiestan como anillos foliares (*olive latent ringspot virus*; OLRV) o clorosis (*olive sickle leaf disease*), atacando también a las ramas (*olive latent virus 1 and 2*; OLV-1 y OLV-2).

En cuanto a **bacteriosis**, la *tuberculosis*, causada por *Pseudomonas syringae* van Hall, se presenta como una enfermedad de importancia. Produce tumores o agallas, de forma redondeada (tubérculos), que alcanzan varios cm de diámetro, sobre troncos, ramas, tallos y brotes, sobre todo; en hojas, raíces y cuello del árbol tienen menos importancia y el fruto casi nunca es atacado. Los tumores jóvenes son de color verde o marrón claro, lisos y de consistencia acuosa en su interior; los viejos son más oscuros, rugosos y huecos (Foto 15.4). Los tallos afectados crecen poco, se defolian y pueden morir.



Foto 15.4. Síntomas de tuberculosis en ramas de olivo.

Trapero y Blanco (2001) revisaron la susceptibilidad de distintos cultivares a estas enfermedades; en la tabla 15.2 se resume para los referidos en este texto.

TABLA 15.2

Susceptibilidad de algunos cultivares de olivo a las principales enfermedades criptogámicas y bacteriosis

Cultivar	Repilo	Verticilosis	Tuberculosis
Picual	S	MS	R
Hojiblanca	MS - S	S	S
Cornicabra	MS - S	MS	MS
Arbequina	S - M	S	M - R
Gordal Sevillana	M	-	M
Manzanilla de Sevilla	MS - S	S	MS - M

MS: Muy sensible; S: Sensible; M: Moderadamente sensible; R: Resistente.

8. Patrones

El olivo es una especie con gran facilidad de enraizamiento, tanto de estacas como de sierpes, y esta característica, en mayor o menor grado, la poseen la mayoría de sus variedades. Por ello y por su gran rusticidad, la mayoría de las plantaciones de olivo de todo el mundo se encuentran sobre sus propias raíces y el empleo de patrones es muy limitado. De hecho, en España, los únicos ejemplos de árboles formados por dos individuos lo constituyen el sobreinjerto de algunas variedades

de aceite por otras de mesa, más rentables, y el injerto de acebuches (*Olea europaea*, subespecie *sylvestris*) con variedades de difícil enraizamiento. En otros países se han utilizado como patrón plantas procedentes de semillas de determinadas variedades en cultivo.

La obtención de patrones se halla actualmente en estudio y se basa, sobre todo, en la selección de variedades por su adaptación a las condiciones adversas del suelo. Así, en relación a la clorosis férrica, los cvs. más tolerantes son 'Cornicabra' y 'Hojiblanca', mientras que 'Manzanilla de Sevilla' es sensible. En relación a la salinidad, 'Picual' y 'Lechón de Sevilla' han mostrado cierta tolerancia.

9. Prácticas culturales

En el olivo, la **poda de formación** va dirigida a conseguir un solo tronco, lo que facilita el cultivo, en especial la recolección mecanizada. Durante los primeros años, las intervenciones serán las mínimas imprescindibles y de escasa intensidad, con el fin de facilitar un buen equilibrio copa/raíz y que ésta desarrolle al máximo; con ello se consiguen troncos vigorosos, con un diámetro acorde con el crecimiento de la copa, que permiten situar la cruz a una altura entre 1,0 y 1,2 m sobre el suelo, de acuerdo con las necesidades impuestas por la recolección mecanizada (vibradores). Se procura formar árboles con sólo 2 ó 3 ramas principales, que surjan de diferentes alturas, y con sus ramas bifurcadas dicotómicamente alrededor del tronco. De este modo se consigue una forma en vaso libre.

La **poda de mantenimiento** y la **poda de fructificación** deberán ser mínimas y limitadas a eliminar ramas débiles, secas y entrecruzadas, para facilitar la iluminación de las hojas. Al mismo tiempo se procurará mantener las ramas principales sombreadas, para impedir que el sol las alcance y las dañe, lo que reduce su vigor y vida productiva. Es muy importante evitar que el tamaño del árbol exceda del volumen óptimo de copa, determinado por las condiciones del medio y la densidad de plantación; una copa excesiva redundará en una reducción del tamaño del fruto y de la calidad del aceite. Debido a la gran longevidad de la especie, muchos de los olivos cultivados en la actualidad son centenarios, por lo que son sometidos a **podas de rejuvenecimiento** con cierta periodicidad.

Los métodos tradicionales de la **recolección manual** de la aceituna en España son los siguientes: 1) *recogida del suelo*, tras la caída natural del fruto maduro; 2) *ordeño*, mediante el cual el operario, desde el suelo o con escaleras, toma los frutos y los deposita en un recipiente que lleva colgado sobre el pecho; se utiliza este método exclusivamente para aceituna de mesa; y 3) *vareo*, que es el método más extendido; consiste en que el operario provisto de una vara golpea las ramas del árbol hasta conseguir que el fruto caiga sobre unas mallas de plástico que sirven para recogerlas; se procura golpear lateralmente a las zonas fructíferas con el fin de no causar daños a la aceituna.

La **recolección mecanizada** con vibradores se está extendiendo rápidamente por la reducción de costes que supone. Estas máquinas abrazan los troncos de los árboles y los agitan violentamente hasta derribar el 90-95% de los frutos sobre mallas plásticas que facilitarán su recolección posterior. A continuación se practica un vareo para complementar la recolección de las aceitunas que han quedado fijas en el árbol.

Aunque el olivo se adapta bastante bien a la sequía, para obtener cosechas abundantes y de calidad es necesario el aporte de agua, bien por la lluvia, bien mediante el **riego**. La gran respuesta al riego que experimentan los árboles, evidencia que es el déficit hídrico uno de los principales factores responsables del vigor y la productividad. En una plantación de 100 olivos/ha y un volumen de copa de 12.000 m³/ha, las necesidades de riego, sin contabilizar la utilización de las reservas del suelo, asciende a 3.000 m³/ha y año; en el caso de que se contabilicen las reservas, las necesidades descienden hasta 2.250 m³/ha y año, e incluso con riegos deficitarios de 1.500 m³/ha se han obtenido buenas cosechas. La utilización del riego localizado por goteo (3.000 m³/ha), bien distribuido de acuerdo con las necesidades estacionales, calculadas con un coeficiente medio de cultivo de 0,6, ha conseguido casi duplicar la producción, pasando de 7-8 t/ha a 12-15 t/ha en las plantaciones intensivas de Andalucía.

En las nuevas plantaciones de olivo en seco, se están recomendando **densidades de plantación** de 200 a 240 olivos/ha de un solo tronco, dejando calles de 7-8 m y distancias de 6 m entre árboles; densidades superiores no mejoran la cuantía de la cosecha. En plantaciones modernas, con riego localizado, se ha demostrado, durante los primeros 10-12 años, un incremento casi lineal de la producción cuando se aumenta la densidad de 200 a 450 árboles por ha, lo que en este tipo de explotaciones puede mejorar la cosecha de un modo notable respecto del seco.

En el olivo existe una estrecha dependencia entre el número de frutos por árbol y el tamaño final de éstos. Es por ello que, con el fin de mejorar la calidad del fruto, en particular de las aceitunas para mesa, se hayan ensayado distintos métodos de **aclareo**. Cuando éste se realiza entre los 20 y 30 días siguientes a la floración, incrementa el tamaño del fruto. La ventaja de este método frente a la poda es que no modifica el número de hojas y, por tanto, la **nutrición** de los que persisten en el árbol mejora. El *aclareo manual* resulta inviable por la cantidad de frutos que hay que eliminar para hacerlo rentable, y debe recurrirse, por tanto al *aclareo químico*; con la aplicación de 150 ppm de ANA cuando el fruto tiene entre 3 y 5 mm de diámetro (12-18 días después de la plena floración), se han conseguido buenos resultados. A pesar de ello, debe tenerse precaución en ajustar la fecha de aplicación ya que si se anticipa aumenta excesivamente el número de frutos aclarados y si se retrasa se pierde eficacia progresivamente. Por ello, el aclareo químico no está extendido en el olivar.

En las plantaciones españolas, generalmente monovarietales, no se han detectado graves fracasos de cuajado atribuibles a la ausencia de **polinización** cruzada.

No obstante, esta especie es alógama y el polen propio de cada variedad tarda más en alcanzar el saco embrionario y fecundar el óvulo que el polen de otra variedad. Este retraso no suele presentar ningún problema en general, dada la masiva abscisión de ovarios recién fecundados que se produce en esta especie como consecuencia de fenómenos de competencia entre los que inician el desarrollo. No obstante, en ocasiones, como es el caso del cv. 'Gordal Sevillana', puede inducir la formación de frutos partenocárpicos, denominados «zofairones», que son de escaso valor comercial. El establecimiento de polinizadores, en estos casos, quedaría justificado. En el olivo la polinización es fundamentalmente anemófila, estableciéndose una distancia de 30 m como la máxima para un transporte eficiente del polen.

En muchas plantaciones de olivo la disponibilidad de agua no es posible, ni tan siquiera temporalmente; en estos casos la economía del agua de lluvia resulta crucial, para lo que se practica el **laboreo**, con el fin de eliminar la competencia por agua de otras especies; pero ello conlleva, al mismo tiempo, una mayor evaporación. Con el uso de herbicidas, y el consiguiente **no laboreo**, se ha conseguido un mejor aprovechamiento del agua disponible en primavera, sobre todo de los horizontes más superficiales, lo que se ha traducido en un mayor desarrollo vegetativo y un aumento de la producción, particularmente en suelos de poca profundidad.

La práctica del **rayado de ramas** resulta eficaz en el olivo para aumentar la floración, mejorar el cuajado y aumentar el tamaño del fruto, de un modo similar al descrito para los cítricos. A pesar de ello, no es una práctica habitual en el olivar español por la dificultad de ejecución.

10. Referencias bibliográficas

- Andrés, F. de (1991). *Enfermedades y plagas del olivo*. Riquelme y Vargas Ediciones, S.L. Jaén, España.
- Barranco, D.; Fernández-Escobar, R. y Rallo, L. (Eds.). 2001. *El cultivo del olivo*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Fernández-Escobar, R. 2001. «Fertilización». En: D. Barranco, R. Fernández-Escobar y L. Rallo (Eds.) *El cultivo del olivo*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- García-Marí, F.; Costa, J. y Ferragut, F. 1994. *Plagas agrícolas*. Agropublic, S.L. (Phytoma-España), Valencia, España.
- Lavee, S. 1986. «Olive». En: S.P. Monselise (Ed.), *Handbook of Fruit Set and Development*, CRC Press, Florida, EE.UU.
- Morettini, A. 1972. *Olivicoltura*. REDA, Roma, Italia.
- Sanz- Cortés, F.; Martínez-Calvo, J.; Badenes, M.L.; Bleiholder, H.; Hack, H.; Llacer, G. y Meier, U. 2002. «Phenological growth stages of olive tree (*Olea europaea*)». *Ann. Appl. Biol.*, 140:151-157.
- Trapero, A. y Blanco, M.A. 2001. «Enfermedades». En: D. Barranco, R. Fernández-Escobar y L. Rallo (Eds.) *El cultivo del olivo*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.

CAPITULO 16

FRUTOS SECOS

1. Introducción

La denominación de *frutos secos* hace referencia a los que poseen un epicarpo duro y cuyo interés comercial es el consumo de sus semillas. No se trata, por tanto, de un grupo de especies de un género determinado y, por tanto, con unas características botánicas y fisiológicas determinadas y comunes. Se trata, más bien, de un grupo de frutales cuyas características obedecen a unos estándares comerciales y que, con independencia de su origen, cubren un sector del consumo bien definido. Así, el almendro, que pertenece a la familia *Rosaceae* y conceptualmente es un frutal de hueso, se estudia en este capítulo atendiendo a su valor como fruto seco; y especies de familias tan alejadas de ésta, y entre sí, como *Betulaceae* o *Juglandaceae* se tratan, también por ello, en este capítulo. La imprecisión del concepto también contribuye a la confusión. Así, también son frutos secos aquellos a los que se les extrae la humedad para su conservación y consumo en seco (higos, pasas, etc.), aunque no tengan el pericarpo duro ni se aprovechen sus semillas. Por todo ello es difícil establecer una clasificación rigurosa y resulta más útil la que deriva meramente de su valor comercial.

En el mundo, en el año 2000, se produjeron 42×10^6 t de frutos secos. De ellos, el 50% fueron de almendras, el 23% de nueces, el 15% de anacardos, el 7% de pistachos y cantidades inferiores de avellanas, macadamias y nuez pecana. El algarrobo, especie típicamente mediterránea, apenas tiene importancia económica en el contexto mundial. El cultivo de estas especies tiene lugar a lo largo y ancho de todo el planeta y su tendencia es a aumentar globalmente, aunque lentamente.

El primer país productor de frutos secos es EE.UU., con 31×10^6 t en el año 2000, ocupando el primer lugar en la producción de almendras (95% del total), nueces (75%) y pistachos (65%). España produce unas 400×10^3 t/año, de las cua-

les un 75% son de almendras. El 18%, aproximadamente, de esta producción se exporta por un valor total de 225 millones de €. El destino de éstas son Alemania, EE.UU. y Francia.

Los aspectos más notables del cultivo de aquellas especies con importancia económica se revisan a continuación.

2. El Almendro

El almendro es, probablemente, originario de las zonas cálidas de Asia desde donde fue introducido en la Cuenca Mediterránea por los fenicios y desde allí expandido por los romanos. Actualmente se cultiva en todo el mundo, aunque son los países ribereños del Mediterráneo y Norte América los mayores productores.

En el mundo se producen $1,8 \times 10^6$ t de almendras al año, siendo EE.UU. (California) el primer productor, con 780×10^3 t/año, seguido de España (280×10^3 t/año), Siria (140×10^3 t) e Italia (115×10^3 t/año) (datos de FAOSTAT de 2002). De la producción española, cerca del 20% se exporta al resto de los países de la UE, sobre todo Alemania (30%), Francia (20%) e Italia (15%).

En España, la superficie destinada a su cultivo es de 650×10^3 ha; Andalucía, con 187×10^3 ha, ocupa la primera posición, seguida de la Comunidad Valenciana, con 120×10^3 ha, Murcia (75×10^3 ha), Cataluña (70×10^3 ha), Aragón (65×10^3 ha) y Baleares (62×10^3 ha). El 90% de estas plantaciones están en régimen de secano.

Rigau (1975), Grasselly y Crossa-Raynaud (1984), Kester y Gradziel (1996) y Melgarejo y Salazar (2002) han estudiado en profundidad el cultivo de esta especie.

2.1. Caracterización botánica y agronómica

El almendro, *Prunus amygdalus* Batsch, pertenece al Orden *Rosales*, Familia *Rosaceae*. Es un árbol de hoja caduca, alto (4-6 m, en condiciones de cultivo) y de porte generalmente erguido. Posee un solo **tronco**, de corteza lisa al principio pero que con los años se vuelve tortuosa, rugosa, agrietada y escamosa. Posee unas **raíces** potentes, poco ramificadas y profundas.

Sus características botánicas no son distintas a las del resto de frutales de hueso. Así, sus **hojas** son lanceoladas, de color verde brillante. Las **yemas**, de flor y de madera situadas juntas en una estructura triple (dos de flor rodeando a una vegetativa) en los ramos mixtos, o separadamente en ramos de madera, las de madera, o en ramos de mayo, las de flor, y en todos los casos situadas en madera del año anterior (Foto 16.1); las yemas de flor brotan antes que las de madera. Las **flores**, hermafroditas, poseen 5 sépalos verdes, 5 pétalos, blancos o rosados, y estambres libres (Foto 16.1); son, generalmente, autoincompatibles, pero presentan

buena polinización cruzada entre variedades. El **fruto**, sin embargo, difiere ligeramente del resto de los frutales de hueso ya que su mesocarpo consiste en un tejido poco desarrollado, verde y pubescente que no es comestible, y que en la madurez sufre dehiscencia (Foto 16.1); su desarrollo, por tanto, si bien presenta una doble sigmoide, tiene una fase lineal de crecimiento apenas perceptible (ver Capítulo 7). La parte comestible del fruto es la **semilla** que se aloja en el interior de un endocarpo lignificado. Esta presenta un contenido reducido en grasas saturadas (8%), moderado (15-18%) en poliinsaturadas y alto (70-75%) en mono-insaturadas; posee, también, altos contenidos en vitamina E, desde 40 hasta 400 mg por 100 g de aceite.



Foto 16.1. Madera y yemas, flores y fruto en dehiscencia de almendro.

Dado el carácter casi general de autoincompatibilidad de las flores de esta especie y que la mayor parte de las plantas han sido muchas veces multiplicadas por semillas y sin injertar, existen numerosísimas **variedades** de almendro. En estas condiciones cualquier criterio de clasificación es inútil. Sin embargo, muchas de las que presentan buenas características comerciales se han multiplicado, sobre todo recientemente, por injerto y, por tanto, mantienen sus características; éstas se clasifican del siguiente modo:

- Almendro de semillas amargas. La productividad y rusticidad de estas variedades son muy elevadas. Sus frutos, amargos, se emplean en industria y los precios que alcanzan son bajos.

- Almendro de semillas dulces.
 - De cáscara dura.
 - De cáscara semidura.
 - De cáscara blanda o mollares.

En España se cultivan, sobre todo, las de semilla dulce y cáscara dura. Las características más notables de las dos más cultivadas se resumen a continuación.

- *Marcona*. Variedad muy importante en el mundo, originaria de Alicante. Arbol de porte vertical y muy ramificado. Es muy fértil. La almendra es casi redonda, de buen tamaño, rugosa y de gran calidad (Foto 16.2). De maduración tardía.



Foto 16.2. Semillas de almendro cv. 'Marcona'.

- *Desmayo largueta*. También conocida como 'Largueta', es originaria de Cataluña. Variedad muy productiva. La almendra, de excelente calidad para el tostado, es alargada, puntiaguda y lisa.

Otras variedades de interés más local son las siguientes:

- *Desmayo rojo*. Originaria de Aragón. Variedad de ramas principales erguidas y secundarias de porte llorón. La almendra es alargada y estrecha; de maduración tardía.
- *Ferragnes*. De origen francés, es híbrido de las variedades 'Cristomorto' × 'Ai'. Arbol poco ramificado de buen comportamiento agronómico y muy productivo.
- *Ramillete*. Originaria de Murcia. Arbol vigoroso y productivo, pero sensible a las bajas temperaturas. Buen polinizador. Fruto de buena calidad.

- *Garrigues*. Originaria de Murcia. Arbol vigoroso, muy productivo y buen polinizador. Fruto de buena calidad.
- *Ferraduel*. Arbol de vigor medio. Muy fértil. Con tendencia a una ligera alternancia.

2.2. Adaptación ecológica

El almendro es una especie que requiere de climas secos y templados para su cultivo; se cultiva entre los 30° y los 44° de **latitud** Norte. Su mayor problema es la precocidad de su floración y fructificación, que la hacen sensible a las heladas primaverales; en consecuencia, apenas puede sobrepasar los 600 m de **altitud**. Las yemas, de tonalidad rosa o blanco-verdosa, se hielan a una **temperatura** entre -4° C y -6° C; las flores en antesis apenas resisten los -2° C, y los frutos recién cuajados son más sensibles. Aunque puede desarrollarse bien en zonas con una **pluviometría** del orden de 500 mm anuales o inferior, las cosechas y su calidad mejoran con el riego. Presenta moderada tolerancia a la **humedad**, pero durante la floración y en etapas próximas a la recolección ésta puede perjudicarle seriamente. Toleran moderadamente bien el **viento**.

Se adapta bien a **suelos** pobres, secos y pedregosos, aunque prefiere los ligeros, profundos y fértiles. Es uno de los frutales que mejor resiste la caliza activa y la sequía, pero es muy sensible a la asfixia radicular. Es, también, resistente a la salinidad, no habiéndose detectado daños para concentraciones de sales del extracto de saturación del suelo de 3 g/l.

2.3. Exigencias nutricionales. Fertilización

Es escasa la información que se posee sobre las extracciones de elementos minerales y sus contenidos foliares en el almendro. En España, para plantaciones de 200 árboles/ha, se recomienda la siguiente fórmula de fertilización anual por árbol:

- N: 650 UF.
- P (P_2O_5): 280 UF.
- K (K_2O): 390 UF.

Se recomienda repartir lo máximo posible el N y el K durante la primavera y el verano, y aplicar el P a finales del invierno-principios de la primavera.

2.4. Plagas

Las principales plagas del almendro son los pulgones y los ácaros:

- *Afidos*. *Hyalopterus amygdali* Geoffr. Ataca a las hojas que se abarquillan ligeramente en sentido longitudinal, toman un color verde pálido, detienen su

desarrollo, engruesan y caen; producen, también, atrofia del fruto. Adicionalmente, la melaza que producen favorece el desarrollo posterior de fumagina. Reduce la formación de yemas florales. *Myzus persicae* Sulzer se sitúa en el envés de las hojas a las que abarquilla transversalmente y reduce el vigor del árbol; ataca, también, a flores y frutos. Es un buen transmisor de numerosas enfermedades víricas

- *Acaros*. Aunque el almendro no es el hospedador preferido de los ácaros, es relativamente frecuente encontrarlos en este cultivo. Los más frecuentes son *Panonychus ulmi* Koch y *Aculus cornutus* Banks, que atacan a las hojas a las que decoloran o dan una tonalidad plateado-plomiza, respectivamente. Su control, en general, es complicado porque es difícil encontrar los acaricidas adecuados.
- *Hemípteros*. El chinche del almendro, *Monosteira unicastata* Muls., realiza la puesta en el envés de las hojas. En el haz produce una decoloración blanquecina formada por multitud de pequeñas manchitas; en el envés se aprecian restos de excrementos y melaza, que es base del ataque de fumagina.
- *Coleópteros*. Los más importantes son el gusano cabezudo, *Capnodis tenebrionis*, cuyos adultos se alimentan de hojas jóvenes y las larvas escavan galerías desde las raíces hasta el tronco, y los barrenillos, *Scolytus rugulosus* y *S. amygdali*, que escavan galerías bajo la corteza de las ramas con secreción de goma que las seca y debilita al árbol y solo se puede combatir preventivamente destruyendo y quemando las ramas atacadas.
- *Lepidópteros*. Los más importante son la orugueta del almendro, *Aglaope infaustra* L., un minador de hojas jóvenes, la barreneta de los cítricos, *Ectomyelois ceratoniae* Zell., que ataca al fruto en el árbol y almacenado alimentándose de su semilla, la anarsia de frutales de hueso, *Anarsia lineatella* Zell., que daña los brotes, y el arañuelo del almendro, *Yponomeuta malinellus* Zell., que ataca a las hojas, pudiendo llegar a defoliar el árbol, y produce una gran secreción de seda

2.5. Enfermedades

Las enfermedades criptogámicas afectan a las hojas, ramas, flores y frutos. Las más importantes se resumen a continuación.

Hongos que solo afectan a las hojas

- *Mancha ocrácea*. Originada por *Polystigma achraceum* (Wahl.) Sacc. Produce en las hojas unas manchas de forma variable, de Ø 1-2 cm y de color amarillo que pasa a pardo-rojizo, reduciendo su capacidad fotosintética y provocando, en algún caso, defoliaciones.

- *Roya*. Producida por *Tranzschelia pruni-spinosae* var. *discolor* (Fuckel.) Dunega. Produce unas manchas pequeñas de color amarillo en el haz que se corresponden con pústulas marrones en el envés, que son las fructificaciones esporígenas. Puede provocar una caída masiva de hojas.
- *Cribado*. Originado por *Stigmina carpophila* (Lév.) M.B. Ellis, produce pequeñas manchas marrones que se necrosan rápidamente y se desprenden, quedando las hojas llenas de perforaciones, reduciendo la superficie foliar y provocando importantes defoliaciones.

Hongos que atacan a ramas y flores

- *Moniliosis*. Causada por el hongo *Monilia laxa* (Adehr. X Ruhl) Honey, provoca desecación de flores, necrosis de yemas y chancros y exudaciones gomosas en las ramas.
- *Chancro*. Lo produce el hongo *Phomopsis amygdali* (Del.) Tuset & Portilla. En las ramas se observan chancros de forma ovalada, de 1-5 cm Ø, de color marrón, en número variable y más frecuente en su base, que afectan a los tejidos corticales y producen exudados gomosos. La primavera siguiente se origina una desecación rápida y progresiva de flores, yemas y brotes debido a la muerte de las ramas atacadas.
- *Moteado*. Originado por *Cladosporium carpophilum* Thüm, produce manchas necróticas a lo largo de los brotes y en las hojas que provocan el desprendimiento del tejido dañado.

Hongos que afectan a los frutos

- *Abolladura* o lepra. Originada por *Taphrina deformans* (Berk.) Tul., que provoca malformaciones en el fruto; también ataca a hojas y ramas sobre las que produce engrosamiento del limbo y abarquillado, en las primeras, y deformaciones y entrenudos cortos, en las segundas. Sus daños no son importantes.
- *Antracnosis*. Debida a *Colletotrichum gloeosporioides* Penz., produce manchas redondeadas, pardas, deprimidas que producen exudaciones gomosas y pudren el mesocarpo. Sus daños tampoco son importantes.

Hongos que atacan a las raíces

- *Podredumbre del cuello*. En los terrenos pesados, el hongo *Phytophthora cactorum* provoca podredumbres en el cuello de la raíz, con exudaciones gomosas, que pueden llegar a provocar la muerte de la planta.
- *Podredumbre de la raíz*. Originada por *Armillaria mellea*, provoca pudriciones de la raíz que repercuten en un decaimiento generalizado del árbol.

La bacteria *Agrobacterium tumefaciens* también ataca al almendro, sobre el que produce los catacterísticas tumores en ramas y raíces.

Los virus encontrados en los almendros cultivados en España son: el *virus de las manchas anulares necróticas* (PNRSV), el *virus del enanismo del ciruelo* (PDV), el *virus del mosaico del manzano* (ApMV) y el *virus de las manchas necróticas en hojas* (CLSV). De entre ellos, el ApMV y el PDV son los más importantes.

2.6. Patrones

Tradicionalmente, en España, se han utilizado los patrones francos para el cultivo del almendro en secano, tanto procedentes de semillas amargas como dulces. Sin embargo, en esta especie, las plantas procedentes de semilla no reproducen fielmente los caracteres de la planta madre, por ello se recurre también a los patrones clonales.

Patrones francos

- Almendro franco. Se seleccionan variedades de almendro que den buena homogeneidad, buen vigor, poca ramificación, facilidad de injerto y un buen sistema radicular, ramificado y desarrollado. Los estudios realizados en España indican que las variedades 'Garrigues', 'Marcona', 'Desmayo largueta' y 'Ramillete' son las más adecuadas. Son buenos patrones para cultivo en secano.

Son sensibles a encharcamientos prolongados, *Phytophthora* sp., *A. mellea* y *A. tumefaciens*. Son tolerantes a la sequía, salinidad y caliza.

- Melocotonero franco. Se utilizan preferentemente la variedad de melocotonero francesa 'GF-305', las americanas 'S-37', 'Nemaguard' y 'Nemared'. Son buenos patrones para regadío.

Poseen una moderada tolerancia al encharcamiento y a las podredumbres del cuello y la raíz. Sensibles a la sequía y a la caliza. Presentan buena compatibilidad con la mayor parte de las variedades de almendro y adelantan la entrada en producción; sin embargo, reducen el tamaño del árbol y acortan su vida media.

- Ciruelo. Estos patrones presentan junto a la ventaja de adaptarse mejor a las condiciones adversas del suelo que los anteriores, su condición enanizante y una notable resistencia a la asfixia redicular. Existen dos grupos: *a*) los de crecimiento rápido, compuesto por el 'Mirobolano', 'Mariana' y otros híbridos afines; poseen buen vigor y buena resistencia a condiciones adversas del medio, pero los casos de incompatibilidad con variedades de almendro son muy numerosos; *b*) los de crecimiento lento, al que pertenecen 'Brompton', 'Dams', 'San Julián', 'Pollizo de Murcia' y otros afines; se adaptan bien a

suelos arcillosos y pesados, pero no se tiene experiencia relevante sobre su comportamiento agronómico.

Patrones híbridos de melocotonero × almendro

Se obtienen de la F_1 de los híbridos de melocotonero × almendro, o viceversa. Las semillas de la F_2 presentan gran variabilidad y no se aconseja su utilización, de modo que para su propagación también se utiliza el enraizamiento de estaquillas con hojas. Surgieron como patrones de melocotonero persiguiendo el mayor vigor, la buena resistencia a la caliza activa y la buena adaptación a las condiciones adversas del suelo de los almendros, pero pronto se vio que podían ser, también, buenos patrones para éstos últimos. En la actualidad se utilizan dos patrones, una selección del clon francés 'GF-677' (INRA), y otra del clon español 'Adafuel'. De fácil propagación, presentan un buen comportamiento en vivero y en suelos calizos y pesados, buena resistencia a parásitos del suelo y buen comportamiento agronómico.

2.7. Prácticas culturales

En secano el **marco de plantación** más general es el de 8×8 m; en regadío se recomiendan marcos de 6×5 m, o similares. En el diseño de la plantación debe contemplarse la existencia de **polinizadores**; éstos deben situarse en líneas, alternando cada tres o cuatro líneas de la variedad principal, y se recomienda la instalación de colmenas de abejas en la época de floración.

La **poda** de formación es en vaso con un solo tronco a una altura que facilite la recolección mecánica. La poda de fructificación se limita a una limpieza de ramas secas y chupones.

Se practican varias **labores** anuales para eliminar las malas hierbas.

A pesar de su buena adaptación a la sequía, la producción y calidad del fruto mejoran con el riego. El sistema más adecuado es el de **riego** localizado por goteo, con un consumo anual de 3.500-4.500 m³/ha y con dosis mensuales máximas en los meses de mayo y septiembre (2,0-2,5 m³/planta y mes) y julio y agosto (3,0-3,5 m³/planta y mes).

La **recolección** se realiza en verde o en seco; en el primer caso se recoge a mano cuidando de no romper las estructuras fructíferas del siguiente año, en el segundo se provoca la caída del fruto bien por vareo bien mediante vibradores conectados a la toma de fuerza de un tractor. Los frutos se recogen en mallas situadas en la base del árbol y se transportan al almacén.

2.8. Técnicas poscosecha

Tras su recolección se efectúa el **despellejado** del mesocarpo; en las variedades cultivadas en España, de cáscara dura, esta operación se efectúa fácilmente con

maquinaria diseñada al efecto. A continuación se lleva a cabo el **secado** en cáscara y su **almacenamiento**, o el **partido**, manual o mecánicamente. Si se comercializa sólo la semilla, ésta sufre diversos procesos, según su destino: tostado, repelado, laminado, harinado,...

El aprovechamiento de la almendra es total. Además de la semilla, que se utiliza para el consumo humano, el mesocarpo, natural o procesado, se emplea para el alimento del ganado y la cáscara como fuente de energía familiar o industrial.

Las aplicaciones industriales de la semilla son múltiples. Se extraen aceites para la industria farmacéutica y de cosméticos; contiene un tipo de caseína que, disuelta en agua, constituye la "leche de almendras" con aplicaciones dietéticas; y se utiliza en la fabricación de dulces, sobre todo turrone (Xixona), polvorones, peladillas, etc.

2.9. Referencias bibliográficas

- Grasselly, C. y Crossa-Raynaud, P. 1984. *El Almendro*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
 Melgarejo, P. y Salazar, D. 2002. *El Cultivo del Almendro*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
 Kester, D.E. y Gradziel, M. 1996. «Almonds». En: *Fruit Breeding*, Volume III: Nuts. J. Janick y J.N. Moore (Eds.), J. Wiley and Sons, Inc., Nueva York, EE.UU., pp 1-97.
 Rigau, A. 1975. *Cultivo del almendro*. Ed. Sintes, S.A., Les Fonts de Tarrasa, España.

3. El avellano

El origen del avellano se sitúa en la ribera del Mar Negro; desde las regiones del Cáucaso y de Asia menor, se extendió por la península de Crimea, Chipre, Grecia y Sicilia; más tarde se extendió por las penínsulas Itálica e Ibérica, desde donde llega a América. Actualmente se cultiva en todo el mundo.

La producción mundial de avellana ha permanecido estable durante los últimos 15 años en unas 840.000 t/año. La principal productora es Turquía (75%), seguida de Italia (15%). España ocupa la tercera posición, con un 3% del total mundial y una producción de unas 30.000 t/año. Cataluña es la primera Comunidad Autónoma productora, con unas 27.000 ha de superficie y un 90% de la producción nacional; Tarragona, con 23.000 ha y el 83% de la producción española es la primera provincia productora de avellana. La Comunidad Valenciana (Castellón) con unas 1.400 ha es la segunda productora (5%). Y cantidades menores se producen en el País Vasco y Aragón.

Tasias (1975), Bergougnoux *et al.* (1978), Jackson y McNeil (1999) y Tous *et al.* (2001) han revisado el cultivo de esta especie.

3.1. Caracterización botánica y agronómica

El avellano, *Corylus avellana* L., pertenece al Orden *Fagales*, Familia *Betulaceae*, Subfamilia *Corylaceae*. Árbol de hoja caduca, alcanza hasta 4-6 m de altura

y 4-5 m de diámetro y con gran tendencia a rebrotar. Monoica y dicógama, las flores masculinas abren primero; es una especie autoincompatible, aunque con intercompatibilidad varietal.

Las **ramas** son de corteza pardo rojiza o grisácea; las **yemas** son simples, de madera o de flor masculina o femenina, y se sitúan lateralmente en brotes del año anterior. Las **hojas**, de tamaño relativamente grande, son rugosas, con la nerviación bien marcada, redondeadas, ovales o acorazonadas, de color verde más o menos oscuro, de bordes doblemente aserrados y cubiertas de pelos (Foto 16.3). Las yemas de flor abren antes que las de madera y lo hacen en invierno, desde finales de diciembre, en las variedades más precoces, hasta mediados de marzo, en las más tardías. La brotación de las yemas de madera se inicia en primavera.

Las **flores** se agrupan en inflorescencias sobre madera de un año. Las masculinas se agrupan en amentos de 130-300 flores cada uno (Foto 16.3). Las flores femeninas forman un glomérulo del que surgen dos estilos rojos, cada uno de los cuales se corresponde con un ovario.



Foto 16.3. Hojas, amentos, frutos y semillas de avellano (cv. 'Negret').

La **polinización** del avellano es anemófila; el problema que representa el que tenga lugar durante el invierno, esto es, en una época no muy propicia para el proceso, viene compensado por la ligereza del polen, la gran superficie del estigma y el largo periodo de receptividad del mismo (más de un mes). Por otra parte, la viabilidad del grano de polen es variable con los cultivares, siendo muy baja en algunos casos, y solamente una proporción muy baja de los que alcanzan el estigma alcanza al ovario. Además, el óvulo para su desarrollo necesita que el polen inicie su germinación y en caso contrario no se desarrollará. Finalmente, su fecundación tiene lugar 4 meses después de la polinización (mayo-junio), cuando las temperaturas se elevan y propician el proceso.

El **fruto** es un aquenio de pericarpio leñoso y color pardo rojizo, con la zona estilar picuda, que contiene una sola **semilla**. Esta es rica en aceites mono-insatu-

rados (80%) y pobre en grasas saturadas (5%) y poli-insaturadas (15%); posee un elevado contenido en vitamina E (56 mg 100 g⁻¹), proteínas (15%) y fibras (10%).

Las **variedades** de avellano son muy numerosas y en España se cultivan unas 40, pero solamente una decena tienen importancia comercial. De entre ellas, 'Negret', 'Pauetet', y 'Gironell' son las más cultivadas en regadío, y 'Negret' y 'Cuplá' y 'Morell' en secano. Las características más notables de estas variedades se resumen a continuación.

- *Negret*. Es la variedad más cultivada (80% del total nacional). Arbol de porte abierto y caído, poco vigoroso y sensible a la asfixia radicular, pero muy productivo y de fruto de gran calidad (Foto 16.3).
- *Pauetet*. De buen vigor y porte semierecto, poco rebrotante, buena adaptación a suelos compactos y calcáreos, productiva, su fruto es de muy buena calidad para la industria.
- *Gironell*. Arbol muy vigoroso, poco rebrotante, de crecimiento rápido, resiste bien los terrenos compactos y calizos, productivo, pero de fruto de calidad media.
- *Cuplá*. Variedad poco vigorosa, de porte caído, tolera bien la caliza activa, productivo y con fruto de buenas características organolépticas.
- *Morell*. Buen vigor, poco rebrotante, de porte caído, productiva, con fruto de tamaño medio-pequeño, pero de excelente calidad para el consumo en fresco.

Otros cultivares de avellano a destacar son 'Vermellet', como polinizador, 'Tonda Romana', 'Tonda di Giffoni' y 'San Giovanni', cultivados en Italia, y 'Ennis' y 'Butler', cultivados en Oregón (EE.UU.).

3.2. Adaptación ecológica

El avellano se adapta bien a un amplio rango de climas templados. Los fríos invernales los tolera bien; las flores masculinas resisten **temperaturas** de hasta -7° C y las femeninas de hasta -13° C, pero las hojas jóvenes son más sensibles y el riesgo de heladas en el momento de la brotación es elevado (heladas primaverales). Por otra parte, se ha demostrado una relación inversa entre el porcentaje de frutos vacíos y la temperatura de los días inmediatamente posteriores al cuajado.

Las flores masculinas requieren entre 100 y 800 HF para un adecuado desarrollo, mientras que las femeninas exigen entre 250 y 1.500 HF, dependiendo del cultivar.

Las temperaturas elevadas del verano ($\geq 35^\circ \text{C}$) asociadas a **HRs** bajas, provocan daños en las hojas.

También tolera bien la **humedad** elevada. Es más, una **HR** alta favorece el desarrollo. Es por ello que precisa de una **pluviometría** mínima de 700 mm/año.

El **viento** suave en la época de floración favorece la polinización.

Esta especie se adapta bien a diferentes tipos de **suelo**, aunque los prefiere francos, sueltos, permeables y medianamente profundos (≥ 80 cm); los suelos arcillosos y compactos le provocan asfixia radicular. Requiere un pH 5,5 y 7,5 y no tolera contenidos en caliza activa superiores al 8%. Es sensible a la salinidad, tanto del suelo como del agua.

3.3. Nutrición. Fertilización

Poco se sabe de las necesidades nutritivas del avellano. Ni las extracciones ni los contenidos foliares de esta especie han sido estudiados como guía de una fertilización eficiente. A título orientativo, contenidos foliares de 1,5-3% de N, 0,14-0,16% de P y 1% de K, durante los meses de junio-julio, se consideran adecuados.

En España, las plantaciones en regadío con cosechas medias (2.500 kg/ha de avellana en cáscara), se fertilizan con 120 kg/ha de N, 40 kg/ha de P (P_2O_5) y 100 kg/ha de K (K_2O). En el caso del N se recomienda aportar un 35% durante la brotación (marzo-abril), un 50% durante la fecundación y la diferenciación de yemas (mayo-julio) y el 15% restante en otoño (octubre-noviembre) para favorecer la acumulación de reservas en las raíces.

En el caso de fertirrigación, se han obtenido buenos resultados con las siguientes aportaciones:

- N: 100-120 kg/ha.
- P (P_2O_5): 40- 60 kg/ha.
- K (K_2O): 100-120 kg/ha.
- Mg (MgO): 20- 30 kg/ha.

En suelos con pH elevados o elevados contenidos en caliza activa, se recomienda la utilización de quelatos de Fe antes de la brotación.

3.4. Plagas

El cultivo del avellano no es muy prolijo en plagas. De entre ellas destacan:

- *Acaros*. Badoc del avellano (*Phytocoptella avellanae* N.), ataca a las yemas terminales que se hinchan, deforman, cambian interiormente de color hasta volverse rojas y caen.
- *Coleópteros*. Diabló del avellano (*Balaninus nucum*), constituye la plaga más importante del avellano. Los adultos aparecen en primavera, suben a los árboles y la hembra deposita un huevo en el fruto; las larvas se alimentan en su interior, destruyéndolo y provocando su caída. Su control se realiza sobre los adultos en el período de la puesta.

- *Hemípteros*. Entre ellos el más importante es *Nezara viridula* L., cuyas larvas atacan a las hojas y los adultos a los frutos; producen deformaciones, sabores desagradables del fruto y hasta su caída.
- Otras plagas. El avellano es también atacado por áfidos (*Myzocallis corylii* y *Corylobium avellanae*), lepidópteros barrenadores de madera (*Zeuzera pyrina*) y minadores de brotes (*Archips rosanus*) y cóccidos (*Eulecanium coryli*). Su importancia, en general, es escasa.

3.5. Enfermedades

El avellano se ve afectado por algunas enfermedades criptogámicas. Entre ellas:

- *Borró sec*. Enfermedad producida por el hongo *Gloeosporium* sp. Es muy importante en zonas húmedas, produce el resecamiento de yemas y ramas. Se controla con benomilo o carbendazima, que deben aplicarse a finales de julio y a la caída de la hoja.
- *Sol cuit*. Producida por el hongo *Cytospora corylicola*, parásito de ramas a las que debilita y reseca. Es más frecuente en árboles viejos y en plantaciones de secano. No se conoce un control químico eficaz.
- Otras enfermedades. Existen un grupo de hongos (*Mildiu* sp., *Septoria* sp.,...) que atacan a las hojas, enbrollándolas, debilitándolas, secándolas,... reduciendo su capacidad fotosintética y produciendo, en algunos casos, su caída prematura. Normalmente se combaten con productos cúpricos aplicados desde mediados de junio.

De entre las bacteriosis destaca la *marchitez* del avellano, producida por *Xanthomonas corylina*, una bacteria que se ha mostrado muy agresiva en las plantaciones de avellano de EE.UU., Francia e Italia. Ataca a yemas, hojas y ramas jóvenes a las que destruye y mata, con la consiguiente reducción de la cosecha; en algunos casos, ataca también a los frutos. Su mayor peligro es para las plantas jóvenes, de 4-5 años de edad, a las que produce la muerte.

El único virus detectado hasta ahora que afecta al avellano es el *virus del mosaico del manzano* (ApMV), que produce síntomas de mosaico y reduce la producción.

3.6. Patrones

En esta especie no se utilizan patrones. Para la producción de plantas se utilizan plántulas directas de semilla, sierpes o se recurre al acodo para enraizar ramas; sobre este material se injerta la variedad que se desea. Se hace necesario, al menos, una selección previa en vivero de las sierpes o de los barbados, de acuerdo con su enraizamiento y vigor.

3.7. Prácticas culturales

La formación del avellano en las plantaciones de la Cuenca Mediterránea ha sido, tradicionalmente, el de varios pies, siguiendo la tendencia arbustiva de la especie. Actualmente, se tiende a producir árboles con un solo pie o tronco. Su distribución en el campo depende, como para otras especies frutales, del vigor de la variedad y de las condiciones del medio, de modo que los **marcos de plantación** que se recomiendan son, para variedades vigorosas, de $7 \times 3,5-4,5$, en regadío, y $6 \times 3-4$, en secano, y para variedades de vigor medio, de $5-6 \times 3-4$, en regadío, y 5×3 , en secano. Dado su carácter autoincompatible, es necesaria la presencia de **polinizadores**, para lo cual se recomienda utilizar, como mínimo, dos variedades, para cubrir con garantías el periodo de polinización efectiva, situar los árboles a no más de 30 m de la variedad en cultivo, en filas completas orientadas perpendicularmente a la dirección de los vientos dominantes y cubriendo el 12%-15% del total de los árboles de la plantación.

La **poda de formación** de esta especie se recomienda en vaso, dejando 3-4 ramas principales a una altura de 40-50 cm del suelo. La **poda de mantenimiento** se limita a eliminar ramas secas, deterioradas o muy inclinadas, y al **entresaque** de rebrotes en invierno. Actualmente esta labor se efectúa químicamente con la aplicación de herbicidas (paraquat, 2,4-D,...) a los hijuelos cuando éstos tienen consistencia herbácea. La **poda de fructificación** se limita a un ligero aclareo manual que favorezca el vigor de la brotación y la iluminación interior del árbol.

El **laboreo**, si se practica, debe ser poco profundo ($< 10-15$ cm) ya que el sistema radicular del avellano es superficial. En árboles en plena producción se recomienda la utilización de herbicidas en un sistema de no laboreo que facilite la recolección.

Este cultivo también mejora su rendimiento con el **riego**. En nuestras condiciones climáticas se recomiendan aportaciones de unos $3.000 \text{ m}^3/\text{ha}$ y año, con una mayor aportación durante el mes de julio ($100-110 \text{ l/árbol}$ y día). El sistema más eficaz es el de riego por goteo.

La **recolección** se realiza desde principios de septiembre a mediados de octubre y se ha de llevar a cabo rápidamente y manteniendo el fruto con una humedad por debajo del 7%. Esta se lleva a cabo recogiendo el fruto del suelo manual o mecánicamente. Para ello, previamente, se agrupa con rastrillos o cepillos en las calles y, posteriormente, se recoge a mano o mediante aspiradoras; a continuación se eliminan las impurezas (hojas, piedras,...), en el almacén, con un sistema de cribas y ventiladores. Estas operaciones representan los costes más importantes de este cultivo.

3.8. Técnicas poscosecha

El fruto se almacena en cáscara y en silos bien ventilados y protegidos de oscilaciones térmicas notables.

Las avellanas se comercializan secas o tostadas. Para ello es necesario su **descascarado** y, en su caso, **tostado**. El primero se lleva a cabo manualmente, para el segundo se somete la semilla a una temperatura de 170° C durante unos 25'.

La **aplicaciones industriales** de la avellana son numerosas. Así, es muy utilizada en confitería, y se emplea en la fabricación de jabones, perfumes,... y en la preparación de medicamentos. Asimismo, su contenido en aceites la hace muy apreciada en la industria de lubricantes, pinturas, etc. Finalmente, la flexibilidad de su madera tiene especial aplicación en la industria de cestería.

3.9. Referencias bibliográficas

- Bergougnoux, F., Germain, E. y Sarraquigne, J.P. 1978. *Le noisetier*, Ed. Invuflec, París, Francia.
 Jackson, D. y McNeil, D. 1999. «Hazelnuts or Filberts». En: *Temperate and Subtropical Fruit Production*, D.I. Jackson y N.E. Looney (Eds.), CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 296-299.
 Talias, J. 1975. *El avellano en la provincia de Tarragona*, Ed. Dip. Provincial, Tarragona, España.
 Tous, J.; Rovira, M. y Rovira, A. 2001. «Avellano». En: *La Horticultura Española*, F. Nuez y G. Llácer (Eds.), SECH-Ed. de Horticultura, S.L. Reus, España, pp. 275-278.

4. El nogal

El nogal es una especie nativa del Cáucaso, la cadena montañosa de los Cárpatos y de las regiones orientales de Manchuria y Corea.

La producción mundial de nueces es, en la actualidad, de 1×10^6 a $1,2 \times 10^6$ t/año, de las que el 45% proceden de China (290×10^3 t/año) y EE.UU. (250×10^3 t/año). La UE produce unas 100×10^3 t/año, siendo Francia (33.000 t/año) la primera productora. En España se cultivan unas 3.000 ha que producen unas 10.000 t/año y una producción estable durante los últimos 30 años. Galicia (3.200 t), Castilla-León (1.100 t), Castilla-La Mancha (1.400 t) y Extremadura (1.100 t) ocupan los primeros lugares.

Charlot y Germain (1988), Luna (1990), Aletá y Ninot (2001) y Muncharaz (2001) han estudiado a fondo el cultivo de esta especie.

4.1. Caracterización botánica y agronómica

El nogal pertenece al Orden *Juglandales*, Familia *Juglandaceae*, Género *Juglans*. En éste se encuentran, al menos, 21 especies englobadas en tres grupos con cuatro secciones:

- Nogales blancos o comunes. Sección *Dioscaryon*. Pertenecen a la especie *J. regia* L. De origen europeo y persa, son los nogales más cultivados.
- Nogales negros. Sección *Rhyzocaryon*. Se incluyen en este grupo las especies *J. rupestris* E., *J. hindsii* W., *J. nigra*, etc., todas procedentes de América del Norte y Centroamérica.

- c) Nogales grises. Con dos secciones, *Trachycaryon*, en la que se incluye la especie *J. cinerea* L., de origen norteamericano, y *Cardyocaryon*, constituida por *J. cathayensis* D., *J. atlantifolia*, *J. sieboldiana* M., etc., de origen asiático.

Aunque los frutos de todas las especies son comestibles, es el nogal blanco, *J. regia*, el más cultivado por sus frutos; el nogal negro, *J. nigra*, es muy apreciado por su madera.

El nogal es una especie monoica, de hoja caduca, de gran tamaño (hasta 30 m de altura), con un **tronco** erecto, de 3-4 m de altura, liso, de corteza plateada, y de **copa** ancha y vigorosa.

Posee un **sistema radicular** muy desarrollado, ancho y profundo, y con una raíz principal pivotante.

Sus **hojas** son de gran tamaño, pecioladas, compuestas (7-20 foliolos, según las especies, sentados y ovalados), imparipinnadas, estipuladas, con bordes lisos (*J. regia*) o dentados, nerviaciones muy marcadas por el envés y de color rojizo, cuando son jóvenes, y verde claro, cuando son adultas (Foto 16.4).

Las **yemas** son más o menos circulares y están protegidas por dos catafilos. Se distinguen cuatro tipos de yemas:

- a) Simples de madera. Formadas por una sola yema claramente diferenciada.
- b) Dobles de madera. Formadas por una yema principal, bien desarrollada, y una yema secundaria.
- c) Florales masculinas. Sustituyen a una o a las dos yemas anteriores formando uno o dos amentos; en el primer caso, la segunda yema da un brote vegetativo.
- d) Florales femeninas. Se sitúan, generalmente, en posición terminal del brote del año anterior, aunque pueden aparecer, también, en posición lateral de los brotes del mismo periodo vegetativo.

Las **flores masculinas** se disponen en amentos, de 8 a 10 cm de longitud y unas 100 flores, localizados en brotes del año anterior. Estas flores tienen un cáliz con 5 ó 6 sépalos, no poseen corola y pueden tener hasta 40 estambres.

Las **flores femeninas** constan de un involucre, las brácteas y 4 sépalos, todo lo cual envuelve al ovario y constituye el pericarpio del fruto maduro. El estigma tiene dos brazos tomentosos (Foto 16.4), el estilo es muy corto y el ovario consta de una cavidad central, o lóculo, dividida en cuatro partes por dos tabiques transversales, el mayor y el menor, debajo del cual se localiza un ovario simple.

La **polinización** del nogal es anemófila y aunque esta especie es autocompatible también presenta dicogamia, es decir, que las floraciones masculina y femeni-

na del mismo árbol no son, generalmente, coincidentes y tienen distinta duración (anterior y más corta la masculina). Por ello, y dado que todas las variedades son intercompatibles y, por tanto, presentan polinización cruzada, en las plantaciones se recomienda intercalar polinizadores cuya emisión de polen coincida con la floración femenina de la variedad en cultivo.

Una característica del nogal es sus diversas formas de fructificación. Existen tres, de acuerdo con la edad de las ramas: *a)* apical y ramificación débil, de baja productividad y en la que sólo fructifica el extremo de la rama; *b)* sobre brindillas laterales, de alta producción que reduce el vigor de la planta al fructificar gran número de yemas laterales; y *c)* apical y ramificación fuerte, intermedia entre las anteriores.

El **fruto** es una drupa dehiscente que tiene un crecimiento en sigmoide. El pericarpo, formado por el exocarpo y el mesocarpo, forma una envoltura carnosa (Foto 16.4), que recibe el nombre de *ruezno* o *monda*, y que no se utiliza para nada. El endocarpo, lignificado, está formado por dos valvas, simétricas, unidas por una sutura y con forma variable según el cultivar. La **semilla** o grano, de superficie sinuosa, consta de cuatro lóbulos o *escueznos* (en correspondencia con las cuatro partes del lóculo), simétricos y rodeados por un tegumento de color marrón más o menos claro; se une al endocarpo por su parte basal donde conecta con los haces vasculares procedentes del pedúnculo (Foto 16.4).

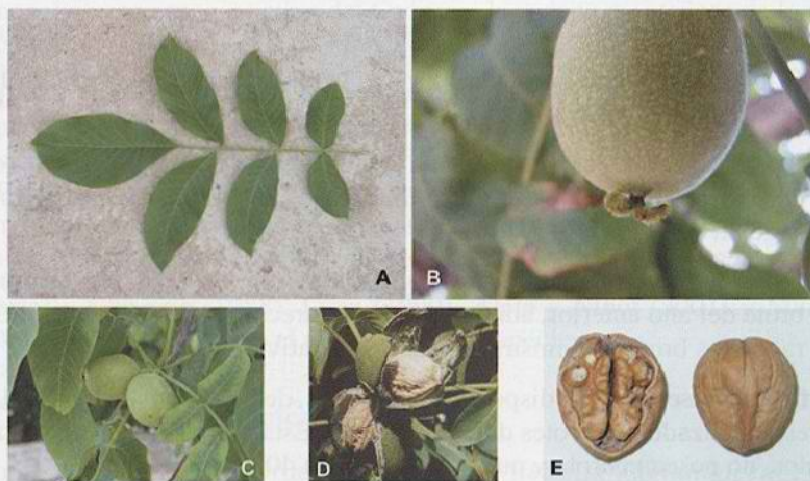


Foto 16.4. Nogal. Hoja (A), frutos mostrando los dos brazos del estigma (B) y frutos en desarrollo (C), en dehiscencia (D) y con su endocarpo mostrando los escueznos de la semilla (E).

Las **variedades** de nogal se clasifican en cuatro grupos:

1. *Francesas*. Estas variedades son vigorosas, de entrada lenta en producción, productividad media a baja, de desborre tardío, tendencia a la protandria (floración masculina anticipada respecto de la femenina), maduración

tardía, buena calidad de grano (con un rendimiento superior al 45%) y sensibles a algunas bacteriosis. Entre ellas las más importantes son:

Productoras de fruto: 'Franquette' (la más importante), 'Corne', 'Grandjean', 'Marbot', 'Mayette', 'Parisienne' y las selecciones recientes 'Grosvert' y 'Lara'.

Polinizadores tardíos: 'Meylannaise' y 'Ronde de Montignac'.

2. *Californianas*. De moderado vigor y porte abierto, su desborre es precoz (15-30 días antes que 'Franquette'), de rápida entrada en producción, muy productivas, maduración precoz, grano de calidad, aunque con algún problema de soldadura de valvas y sensibles a algunas bacteriosis.

Las más importantes son la 'Hartley' (la base de la producción americana), 'Serr', 'Vina', 'Chico' y las selecciones recientes 'Sunland', 'Chandler' y 'Howard'.

3. *De Oregón*. Muy vigorosas, de porte semi-erecto, desborre anterior a las francesas (10-20 días), son protandras, de rápida entrada en producción, productivas, fruto grande, grano de color oscuro, con buena resistencia a las bajas temperaturas y a algunas bacteriosis.

Las más importantes son 'Adams-10', 'Chase D-9' y 'Spurgeon', que se recomiendan para zonas de clima continental.

4. *Centro europeas*. Son de desborre precoz, lenta entrada en producción, productividad media-baja, maduración precoz, grano de escasa calidad y elevada resistencia a los fríos invernales.

Las más importantes son 'Sibisel-39' y 'Geisenheim-139', esta última por su protoginia (la floración femenina es anterior a la masculina) y rápida entrada en producción.

Los estudios realizados en España han permitido seleccionar algunos cultivares por su ramificación lateral, rápida entrada en producción, calidad del fruto, tolerancia a algunas bacteriosis, etc.; pero el material disponible se encuentra, todavía, insuficientemente caracterizado. La mayor parte de estas variedades proceden de Cataluña y la Comunidad Valenciana y entre ellas destacan 'Cerdá', 'Escrivá', 'Sendra', 'Villena', 'Onteniente',...

4.2. Adaptación ecológica

Las zonas más adecuadas para el cultivo del nogal se encuentran entre los paralelos 35° y 45° de **latitud** Norte, aunque pueden encontrarse entre los paralelos 10° y 60°; en el hemisferio Sur se cultivan a una latitud entre 20° y 40°. En cuanto a la **altitud**, el límite de su cultivo se establece entre los 1.000 y 1.200 m, si bien el riesgo de heladas restringe ésta a no más allá de 800 m.

El nogal requiere **precipitaciones** mínimas de 700-800 mm/año y bien repartidas para ser cultivado en régimen de seco.

El nogal es exigente en **temperatura**. Esta especie necesita, en promedio, unas 800 HF para brotar y producir con normalidad; algunas variedades californianas, sin embargo, tan solo precisan 300 HF, pero algunas francesas precisan de más de 1.500 HF. Temperaturas por debajo de -7°C producen daños en ramas y yemas, sobre todo en otoño cuando las primeras no están suficientemente lignificadas. En invierno, y sobre todo las variedades centroeuropeas, pueden resistir temperaturas de hasta -30°C , aunque con valores inferiores a -10°C también se dañan los amentos y las yemas diferenciadas. En primavera, temperaturas inferiores a 0°C pueden producir la muerte de hojas jóvenes, flores y frutos recién cuajados (heladas primaverales). En verano, temperaturas superiores a los 38°C dañan el fruto, produciendo un oscurecimiento y marchitamiento del grano (golpe de sol).

En esta especie el **viento** tiene especial relevancia durante la polinización; en efecto, vientos ligeros la favorecen, pero vientos fuertes la dificultan al mismo tiempo que provocan desprendimiento de amentos y frutos recién cuajados.

Los **suelos** adecuados para el cultivo del nogal deben ser profundos, no inferiores a 2 m, de textura franca, bien aireados, ricos en materia orgánica y con buen drenaje. Esta especie es sensible a la asfixia radical y a la caliza activa y requiere un pH del suelo entre 6 y 8; es muy sensible a la salinidad, de modo que una conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo superior a 3 dS/m reduce la producción en una tercera parte, aproximadamente.

4.3. Nutrición. Fertilización

Las extracciones anuales por ha en el cultivo del nogal para una producción media de 3 t/ha de nuez, se han cifrado en: 220 kg de N, 20 kg de P, 172 kg de K, 255 kg de Ca y 22 kg de Mg.

Los contenidos foliares de esta especie se recomienda analizarlos a mediados del mes de julio, utilizando para ello el 3^{er} o 4^o foliolo de la 2^a o 3^a hoja de los brotes no fructíferos; los contenidos medios se presentan en la tabla 16.1.

TABLA 16.1
Contenidos foliares en elementos minerales del nogal

Elemento mineral	Carencia	Óptimo	Exceso
N (%)	< 2,1	2,2-3,2	—
P (%)	< 0,1	0,1-0,3	—
K (%)	< 0,9	> 1,2	—
Ca (%)	—	> 1,0	—
Mg (%)	—	> 0,3	—
Na (%)	—	—	> 0,1

Elemento mineral	Carencia	Optimo	Exceso
Cl (%)	—	—	> 0,3
B (ppm)	> 20	36-200	> 300
Cu (ppm)	—	> 4	—
Mn (ppm)	—	> 20	—
Zn (ppm)	< 18	—	—

Tomado de Beutel *et al.* (1983) (Citado por Muncharaz, 2001).

De acuerdo con todo ello, Muncharaz (2001) recomienda las siguientes dosis fertilizantes para árboles en plena producción cultivados en suelos francos y calizos (Tabla 16.2):

TABLA 16.2

Dosis fertilizantes para el cultivo del nogal en función de la producción media

kg/ha	Producción, kg/ha		
	1.500-2.500	2.500-3.500	3.500-4.500
N	80-100	100-120	120-140
P (P_2O_5)	50-60	60-70	70-80
K (K_2O)	80-100	100-120	120-140

Fuente: Muncharaz, 2001.

El P y el K se aconseja aplicarlos a la salida del invierno y el N fraccionarlo al máximo durante dos épocas, antes del desborre y a partir de mediados de mayo. Se aconseja, asimismo, completar este abonado con 60-80 kg/ha de MgO.

Las aportaciones en fertirrigación recomendadas por el mismo autor, para árboles adultos en plena producción, son las siguientes:

- N: 950 g/árbol y año. En primavera.
- P (P_2O_5): 550 g/árbol y año. En otoño.
- K (K_2O): 950 g/árbol y año. En otoño.

4.4. Plagas

Las plagas más importantes del nogal son dos lepidópteros.

- *Carpocapsa* o *agusanado*. Es la plaga más importante del nogal en todo el mundo. El insecto responsable es *Laspeyresia pomonella* L., cuyas larvas de la 1ª generación se introducen en los frutos en crecimiento, aprovechando las zonas de unión entre los más próximos, donde completan su desarrollo en unos 30 días; la 2ª generación encuentra frutos bien formados. En el primer caso el fruto cae, en el segundo no, aunque su interior queda destruido.

- *Taladro de la madera*. Las larvas de este lepidóptero, *Zeuzera pyrina* L., se desarrollan en el cambium, primero, y en la madera, después, originando largas galerías que comunican con el exterior por un orificio en el que es visible el serrín. Los daños pueden ser particularmente importantes en plantas jóvenes a las que pueden matar. Posee una sola generación y el tratamiento debe realizarse antes de que el insecto penetre en el tronco.

Otras plagas menores del nogal son las cochinillas (*Pseudaulacapsis pentagona* y *Epidiaspis leperii*), los pulgones (*Callapsis juglandis*, *Gromaphis juglandicola*) y la araña roja (*Panonychus ulmi*).

Algunos nematodos también se han mostrado peligrosos para el cultivo del nogal, produciendo lesiones en las raíces y, en los casos más graves, la muerte de árboles jóvenes. En las especies más importantes se han señalado *Pratylenchus vulnus*, *Macroposthonia xenoplax* y *Meloidogynes* sp.

4.5. Enfermedades

Entre las enfermedades producidas por hongos, las más importantes son:

- *Antracnosis*. Producida por el hongo *Gnomonia leptostyla*. Ataca preferentemente a las hojas sobre las que produce, primero, manchas mas o menos circulares de color pardo oscuro, restando eficacia fotosintética, y finalmente amarillamiento total y caída prematura de hojas. Los ataques muy severos también alcanzan a los frutos, sobre los que se producen manchas circulares, secas, que pueden llegar a secar al fruto que, en todo caso, no madura adecuadamente.
- *Podredumbre del cuello*. Originada por *Phytophthora* spp. Estos hongos producen un chancro, con exudación gomosa, en la zona del cuello de la raíz, un debilitamiento general del árbol y amarillamiento y caída prematura de hojas.
- *Podredumbre de la raíz*. El hongo responsable es *Armillaria mellea*. Cuando los rizomorfos del hongo toman contacto con la raíz, se extienden primero por su superficie y, más tarde, penetran en su interior debilitando el árbol y produciendo un amarillamiento general y caída precoz de hojas. Su control es muy difícil y debe actuarse preventivamente, desinsectando el suelo antes de realizar la plantación.

De entre las bacteriosis, destacan:

- *Necrosis bacteriana o mal seco*. Esta enfermedad, producida por la bacteria *Xanthomonas campestris* pv *juglandis*, es la más importante del nogal. Ataca a todos los órganos de la planta. En las hojas se inicia con pequeñas manchas translúcidas que, más tarde, se vuelven oscuras y producen la muerte del tejido. En los frutos jóvenes originan, primero, manchas negruzcas y deprimidas

y, después, la caída del fruto. En los frutos bien formados, los síntomas son los mismos pero no caen; la lesión solo afecta al pericarpio que queda soldado al endocarpio. Su control solo es posible de modo preventivo y se lleva a cabo con sustancias cúpricas (caldo bordelés y OHCu).

- *Agallas del cuello*. Originadas por *Agrobacterium tumefaciens*, tiene relevancia en las plantaciones jóvenes, en las que producen un debilitamiento general del árbol. Aparecen sobre heridas producidas en el cuello por aperos de labranza, corte de chupones, etc. Su control, preventivo, se basa en no provocar las heridas citadas.

La virosis más importante que ataca al nogal es:

- *Línea negra del nogal*. Originada por el virus CLRV (*Cherry leaf roll virus*). Sólo se manifiesta en el *Juglans regia* injertado sobre otra especie distinta, lo que supone una seria limitación en la utilización de patrones. Se transmite a través del polen y, de modo menos eficaz, por injerto. Se manifiesta con la muerte de las primeras células del patrón en contacto con la variedad; éstas ennegrecen y producen una línea negra de células muertas que cuando alcanzan todo el perímetro del tronco provocan la muerte del árbol, semejando una incompatibilidad translocada. Producen un debilitamiento general del árbol.

4.6. Patrones

Como patrones del nogal se utilizan plántulas de *J. nigra*, *J. hindsii* o *J. regia* y del híbrido 'Paradox' (*J. regia* × *J. hindsii*), considerado como de elevada calidad.

Las características más relevantes de estos patrones se resumen en la tabla 16.3.

TABLA 16.3

Características agronómicas y comportamiento de los patrones de nogal frente a enfermedades y condiciones adversas del medio

	<i>J. regia</i>	<i>J. nigra</i>	<i>J. hindsii</i>	'Paradox'
<i>Características agronómicas</i>				
Vigor inducido	B	E	M	B
Entrada en producción	L	Rd	?	?
Tamaño del fruto	N	G	N	N
Rendimiento en grano	N	A	N	N
<i>Enfermedades y plagas</i>				
<i>Agrobacterium</i>	S	TM	S	S
<i>Phytophthora</i>	MS	S	MS	R
<i>Armillaria</i>	MS	TM	R	R
CLRV	S	MS	MS	MS
Nematodos	S	S	?	T

	<i>J. regia</i>	<i>J. nigra</i>	<i>J. hindsii</i>	'Paradox'
<i>Condiciones del medio</i>				
Sequía	TM	S	?	?
Salinidad	TM	?	T	TM
Asfixia radicular	MS	S	S	S
Caliza activa	TM	S	S	TM

R: Resistente; S: Sensible; MS: Muy sensible; T: Tolerante; TM: Tolerancia media; B: Bueno; M: Medio; E: Escaso; Rd: Rápida; L: Lenta; A: Alto; N: Normal; G: Grande.

Fuente: Varios autores (ver Muncharaz, 2001).

Otras especies del género *Juglans* también se utilizan como patrones, aunque menos extensamente. Así, el *J. microcarpa* y *J. major* se utilizan en suelos con elevado pH y *J. californica* se utiliza (aunque cada vez menos) en el sur de California (EE.UU.). Asimismo, otros géneros se han utilizado como patrón por su resistencia a algunas enfermedades, como *Pterocarya stenoptera*, que se comporta satisfactoriamente frente a *Phytophthora*, nematodos y asfixia radicular, aunque su compatibilidad con la mayor parte de las variedades no es correcta y, como todos los demás, es sensible a CLRV. Finalmente otros híbridos distintos al 'Paradox', como el 'Royal' (*J. nigra* × *J. hindsii*) y *J. nigra* × *J. regia*, también se utilizan con fines forestales.

4.7. Prácticas culturales

La plantación de esta especie debe realizarse durante el reposo vegetativo, preferiblemente en otoño, después de la caída de hojas.

Las características de la variedad a plantar determinan el **marco de plantación**. Este oscila entre 6 × 6, para variedades de más de un 90% de fructificación lateral, 8,5 × 8,5, para aquellas con una fructificación lateral entre un 50% y un 60%, y 12 × 12, para variedades con menos de un 10% de fructificación lateral. Lo normal en el nogal es iniciar la plantación con una densidad mayor a la que se pretende tener, de modo que la eliminación programada de árboles a los 10 años de plantación dejan el marco apropiado para cada uno de los grupos de variedades citados. En general, en el nogal una plantación se considera de alta densidad cuando supera los 160 árboles/ha, semiintensiva cuando tiene entre 70 y 160 árboles/ha y extensiva cuando tiene menos de 70 árboles/ha.

De acuerdo con el tipo de fructificación de la variedad, la **poda de formación** se realiza de modo distinto. Las variedades de fructificación apical se forman en *vaso* clásico con tres ramas principales, las de fructificación lateral se forman en *eje libre*, *eje estructurado* o *seto*, y las de fructificación intermedia indistintamente en vaso o eje. Para la **poda de fructificación** se realizan dos tipos de corte: des-puntes o pinzamientos de un 25-50% de la longitud de los brotes terminales del año y aclareos o supresión completa del brote. Esta poda se recomienda hacerla bia-

nualmente en variedades de fructificación lateral formadas en eje, y cada 3-4 años en aquellas de fructificación apical y formadas en vaso. Para llevarla a cabo en seco, se recomiendan los meses de pleno reposo (noviembre a febrero) pero evitando las épocas de mayor frío según la experiencia del lugar; en verde se realiza después del agostamiento estival.

La escasez de lluvia puede reducir notablemente la producción del nogal, de ahí que se recomiende su cultivo en régimen de regadío. La experiencia acumulada indica que los huertos no regados, con suelos de escasa capacidad de retención de agua, ven reducida su cosecha un 40-50%, y con buena retención de agua en un 20-30%. El sistema de **riego** recomendado para el cultivo del nogal es el riego localizado a goteo. Las necesidades de agua de este cultivo oscilan entre 7.500 y 9.000 m³/ha y año, de modo que descontando la lluvia efectiva media de las zonas de cultivo de España, las exigencias de riego son de unos 6.500 m³/ha y año, distribuidos entre marzo y noviembre con máximos en julio (20%), junio y agosto (17%) y mayo y septiembre (12%).

La **recolección** de la nuez se realiza cogiendo los frutos del suelo. Para ello se aprovecha su caída espontánea o se la provoca mediante vareo o vibrado mecánico. Debajo de los árboles se colocan mallas o toldos para favorecer la recogida. En todo caso, no es conveniente que el fruto permanezca mucho tiempo en el suelo, ya que con temperaturas altas ($\approx 30^\circ \text{C}$) se pueden separar las valvas, aparecer ataques fúngicos y, sobre todo, el grano ennegrece prematuramente y pierde calidad comercial.

4.8. Técnicas poscosecha

Tras la recolección, el fruto es **prelavado**, para eliminar las pieles más adheridas a la cáscara, y **lavado** con agua a presión, lo que se utiliza, también, para eliminar materiales pesados que lo acompañan (piedras, ramas, etc.). A continuación se realiza un **destrío** para eliminar cáscaras, ramillas, frutos inservibles, etc. Posteriormente se lleva a cabo un **precalibrado** para eliminar todos los frutos que no alcanzan el tamaño adecuado.

El paso siguiente es el **secado** para rebajar la humedad del fruto hasta límites de estabilidad (8%-12%). Con ello se consigue evitar ennegrecimientos y pudriciones, un aspecto blanquecino de la cáscara y un producto más estable que tolera mayores tiempos de almacenamiento. Esta operación se lleva a cabo con aire forzado con un flujo entre 1.300 y 1.500 m³/h y m² para una altura de secado de 1 m, una temperatura no superior a 43°C y una HR del 20%.

Finalmente se lleva a cabo un **control de calidad** de la nuez con el fin de homogeneizar el producto, eliminando los frutos con defectos y vacíos y seleccionándolos por su tamaño y forma.

La técnica de **conservación** de la nuez entera depende del tiempo que se quiera almacenar. Para menos de 6 meses se requieren unas condiciones de $t^a < 15^\circ \text{C}$ y

HR < 70%, junto con buenas condiciones sanitarias y de ventilación del local. Para periodos superiores, y con el fin de evitar las altas temperaturas estivales, se requiere de cámaras frigoríficas con $t^a < 10^{\circ}\text{C}$ y HR $\approx 60\%-70\%$; en estas condiciones el periodo de conservación puede alcanzar 12 meses. En ambos casos, deben llevarse a cabo controles biológicos y microbiológicos para evitar el ataque de plagas y enfermedades.

En muchos casos, la nuez se comercializa en grano, para lo cual es necesario realizar un **descascarado** y extracción del grano. En general, esta operación se lleva a cabo manualmente, lo que eleva considerablemente el coste del producto, pero no existe todavía una mecanización eficaz del proceso. Tras ello, el grano se selecciona por su tamaño, mediante equivalencias en peso, y a continuación por su forma (entero, mitades y cuartos) y color; este proceso también se lleva a cabo manualmente. A continuación se debe **hornear** el grano, sometiéndolo a 40°C - 60°C durante 30 minutos, para darle el grado de humedad óptimo para su conservación (4%-6%). Finalmente se lleva a cabo el **envasado**. La nuez en grano se conserva con restricciones de luz, HR, O_2 y temperatura; para ello se recomienda almacenarlas en envases opacos en cámaras frigoríficas a 4°C - 6°C y HR 60%-79% con controles biológicos y microbiológicos permanentes.

4.9. Referencias bibliográficas

- Aletá, N. y Ninot, A. 2001. «Nogal». En: *La Horticultura Española*, F. Nuez y G. Llácer (Eds.), SECH-Ed. de Horticultura, S.L. Reus, España, pp 347-351
- Charlot, G. y Germain, E. 1988. *Le noyer*. CTIFL, Paris (Francia).
- Luna, F. 1990. *El Nogal. Producción de Fruto y de Madera*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid (España).
- Muncharaz, M. 2001. *El Nogal*, Ed. Mundi-Prensa, Madrid (España).

5. El castaño

El castaño es una especie autóctona mediterránea diseminada, prácticamente, por toda Europa; recientemente, también se ha introducido, artificialmente, en el sur de los países nórdicos donde, no obstante, fructifica con mucha dificultad. Su origen se supone en Turquía o en la zona del Cáucaso. En Europa se ha demostrado su presencia en el periodo Terciario, desapareciendo de gran parte del continente durante las glaciaciones del Pleistoceno. Hace unos 5.000 años, en el Neolítico, se encontraba muy extendido por Grecia y el sur de Italia, desde donde llegó a los Alpes hace unos 3.000 años; en la península Ibérica y en el sur de Francia fue introducida hace unos 2.000 años, probablemente por los romanos; finalmente, su localización en Inglaterra data de menos de 1.000 años. Sus límites actuales son Turquía, por el oriente, el paralelo 60°N , por el norte, las islas de Madeira y Canarias, por el occidente, y Marruecos y Argelia, por el sur. Su expansión, sin embargo, engloba a todo el planeta, pudiéndose encontrar castaños en los cinco continentes.

La producción mundial de castañas, según los datos de FAOSTAT para 2002, alcanza las 950×10^3 t, siendo China el primer país productor, con 600×10^3 t, seguido de Corea del Sur, 94×10^3 t, e Italia y Turquía con 50×10^3 t cada una.

En España existen, en la actualidad, unas 130×10^3 ha de castaño, de las cuales el 50%, aproximadamente, se encuentran en monte bajo, alrededor del 40% cultivadas por sus frutos y solamente un 10% en monte alto. En este capítulo, solo se atiende a su cultivo para la producción de frutos. Esta, con referencias del año 2000, es de unas 18.500 t, siendo Galicia la primera productora (7.400 t), seguida de Castilla y León (7.300 t), Andalucía (2.000 t) y Extremadura (1.400 t). De ella, el 80% se destina al consumo en fresco, un 50% al mercado interior y un 30% para la exportación, el 15% a la industria y cantidades menores (3%-4%) a la alimentación animal. Las exportaciones se dirigen a Francia (50% del total), Italia (21%) y Reino Unido (10%). El periodo de comercialización se extiende desde septiembre a diciembre.

Para una completa información sobre esta especie y su cultivo, puede consultarse a Bergougnoux (1978), Berrocal *et al.* (1998) y Fernández-López y Pereira (2001).

5.1. Caracterización botánica y agronómica

El castaño pertenece al orden *Fagales*, familia *Fagaceae*, subfamilia *Castaneoideae*. Existen 13 especies reconocidas, de las cuales solo *Castanea sativa* (Mill.) está presente en Europa.

El árbol es longevo, pudiendo encontrarse ejemplares de 4-5 siglos, y grande, alcanzando hasta 20-25 m de altura. Sus **ramas** son gruesas y erectas, con las inferiores más o menos horizontales y relativamente cercanas al suelo en condiciones de cultivo. Las más jóvenes poseen gran cantidad de lenticelas suberosas transversales. Las **hojas**, caducas, son simples, alternas, caedizas y de color verde oscuro en el haz y más pálido en el envés. De 10 a 20 cm de longitud, poseen un peciolo corto, limbo oblongo-lanceolado, nerviatura pinnada y bordes aserrados (Foto 16.5A). Las **raíces** son fuertes, extensas, muy ramificadas, alcanzando gran profundidad.

Las **flores** masculinas se presentan en amentos, que están formados por glómérulos de 5 ó 6 flores con una bráctea común trilobulada. Estas flores poseen un periantio doble, trímero, y 8-12 estambres. Las flores femeninas, de color amarillo-dorado, se encuentran en grupos de 3 a 7, en la base de los amentos masculinos, envueltas por una cúpula verde (erizo), coriácea y espinosa; poseen un ovario ínfero de 3 ó 6 carpelos, lóculos y estilos, que se halla soldado a un perigonio de 7 lóbulos. La antesis se presenta, en general, entre finales de abril y mediados de junio y su polinización es anemógama y entomógama.

El **fruto** (castaña) es una nuez mono o polisperma, ovoide o subglobosa, ancha, adherida a un involucreo o cúpula y con una cicatriz de inserción en la base; de pericarpio duro, brillante y afelpado interiormente (Foto 16.5D). La cúpula evoluciona

con el desarrollo pasando de verde a amarilla, y posee espinas largas, ramosas y pubescentes, denominándose *erizo* (Foto 16.5B); la dehiscencia se produce entre septiembre y noviembre, liberando 1, 2 ó 3 castañas (Foto 16.5C y D). La semilla, que carece de endosperma, acumula las sustancias de reserva en los cotiledones (Foto 16.5E).

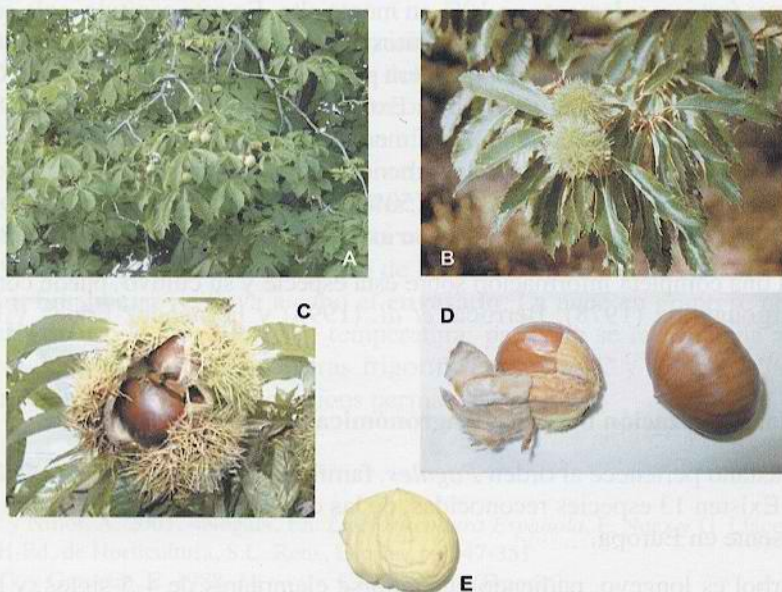


Foto 16.5. Castaño. Hojas (A), frutos (erizos) en desarrollo (B), en dehiscencia (C) y maduro, mostrando su pericarpio afelpado (D), y semilla (E).

Las **variedades** se clasifican por el nivel de aspermia de sus frutos. Las más importantes, por su aceptación y la extensión de su cultivo, son aquellas cuyos frutos son monospermicos o que poseen un bajo porcentaje de frutos polispermicos, y se las denomina de *tipo marrón*. De ellas se encuentran, en España, unas 150 variedades tradicionales, de las que se han descrito unas 85. Las de mayor importancia comercial son:

- Para comercialización del fruto en fresco: 'Famosa', 'Garrida', 'Inxerta', 'Negral', 'Pilonga', 'Planta Alajar', 'Temprana', y 'Ventura'.
- Para producción mixta de fruto y madera: 'Garrida' y 'Loura'.
- Otras: 'Amarelante', 'Comisaria', 'Dieguina', 'Helechal', 'Longal', 'Luguesa', 'Marela', 'Paredé', 'Raigona' y 'Rapada'.

Existen también *híbridos eurasiáticos*, esto es, de castaño japonés (*C. crenata*) por castaño europeo (*C. sativa*), que producen madera muy apreciada y/o frutos de gran calibre, no tabicados, de maduración temprana y que deben cultivarse, por

tanto, en zonas exentas de heladas primaverales. Obedecen todos ellos a las siglas CHR seguidas de un número. El fruto de estos híbridos es difícil de pelar, de sabor insípido y conservación dificultosa.

5.2. Adaptación ecológica

En Europa el castaño se encuentra de modo espontáneo hasta una **latitud** entre 48°-50° N, no fructificando en latitudes superiores. Se cultiva entre el nivel del mar y una **altitud** de 900 m, encontrándose las mayores superficies entre los 400 y los 800 m.

Exige **precipitaciones** abundantes, superiores a los 600 mm anuales, con drenajes adecuados, y una **HR** alta, situándose en áreas protegidas y frescas. Resiste bien las bajas **temperaturas** invernales, pero es sensible a las heladas primaverales, y sus frutos requieren del calor del verano para una buena maduración. En zonas con una temperatura media anual de 14° C el castaño no se adapta bien, así como en aquellas en las que el mes más cálido supera los 24° C o el mes más frío supera los 15° C o no alcanza los 5° C.

Requiere de **suelos** sueltos, profundos, ricos en materia orgánica, moderadamente ácidos (pH entre 4,5 y 6,5), aunque también puede vegetar bien en suelos neutros o básicos con niveles bajos de caliza activa.

5.3. Nutrición. Fertilización

La extracción de elementos minerales por el castaño depende de si se cultiva por sus frutos o para la obtención de madera. En el primer caso, los resultados obtenidos son más homogéneos, ya que se ajustan para 1 t de producción, pero en el segundo son más variables, ya que dependen de la edad del árbol en el momento de la tala y con aquella la absorción de elementos minerales aumenta. No obstante, en ambos casos la extracción depende de las características físicas del suelo y de su fertilidad natural. En la tabla 16.4 se dan, a título orientativo, las extracciones medias calculadas para los dos tipos de cultivo, en los castañares de España, Italia y Portugal.

TABLA 16.4

Extracción anual de elementos minerales en el castaño. Valores expresados en kg/ha

Elemento mineral	Producción de frutos (1t/ha)	Producción de madera
N	10-15	3-15
P	1-2	1,5-5
K	5-9	2,0-20,0
Ca	1-2	5-10
Mg	0,7-1,0	1-2
Na	0,1-0,2	2,0-5,0

Valores adaptados de Berrocal *et al.*, 1997.

Los contenidos foliares de esta especie también dependen de la época en que se lleven a cabo. Asimismo, dependen de las condiciones físicas y químicas del suelo. En general, se recomienda llevarlos a cabo en una de estas tres épocas: al inicio de la aparición de las hojas, al comienzo de la floración o antes de la abscisión foliar; en estas épocas los contenidos medios se presentan en la tabla 16.5.

TABLA 16.5

Contenido foliar en elementos minerales de castañares de madera de 20 años de edad

El. mineral (%)	Marzo	Junio	Sept.	Novbre.	El. mineral (ppm)	Sept.
N	3,17±0,48	2,07±0,03	1,70±0,03	0,77±0,03	Fe	54±4
P	0,46±0,04	0,20±0,01	0,29±0,01	0,24±0,01	Zn	25±2
K	1,23±0,03	1,05±0,09	0,96±0,02	0,63±0,01	Mn	300±10
Ca	0,18±0,04	0,30±0,03	0,33±0,01	0,40±0,01	Cu	13±1
Mg	0,26±0,01	0,26±0,02	0,28±0,02	0,28±0,01	Na	260±10

Tomado de Gallardo *et al.* (citado por Berrocal *et al.*, 1997).

La **fertilización** del castaño sólo se lleva a cabo en plantaciones para la obtención de frutos. En el caso de la producción de madera, el abonado no tiene sentido, salvo cuando los periodos de cultivo sean cortos; aún así, el reparto del fertilizante se convierte en una labor muy dificultosa por la alta densidad de arbolado y matorrales existentes en el monte. Para los castañares de fruto, en España se recomienda que la materia orgánica del suelo no descienda del 2%; para ello se realiza una enmienda orgánica (estiércol o compost) de 10 t/ha cada 7-10 años, que puede alcanzar las 20 t/ha en los casos extremos, enterrándola ligeramente. Para la fertilización mineral se recomienda separar la fosfórica de la nitríco-potásica, aplicando desde 100 UF/ha de P el primer año en los suelos ácidos, en forma de escorias fosfóricas y enterrándolas a 30 cm, hasta prescindir de él cuando su capacidad de absorción sea alta. El N y el K pueden aplicarse conjuntamente, de manera superficial, a razón de 100 UF/ha de N, en forma amoniacal, y 100-250 UF/ha de K. Finalmente, si la acidez del suelo es elevada ($\text{pH} < 5,0$), debe encalarse, sobre todo si se fertiliza con escorias fosfóricas, aportando 1-3 t/ha de CO_3Ca . En Portugal, sin embargo, se recomienda fertilizar con 250 kg/ha de un complejo 7:14:14 en plena época vegetativa, y en Italia, con suelos prácticamente neutros, se fertiliza con 300 kg/ha de superfosfato de cal, 200 kg/ha de sulfato amónico y 150 kg/ha de sulfato potásico.

5.4. Plagas

Las plagas más importantes del castaño son lepidópteros, cuyas larvas minan frutos y/o hojas, y coleópteros, que minan frutos y madera.

Entre los primeros se encuentran *Cydia splendana* Hubner, de gran importancia por la intensidad de sus daños al fruto verde y maduro, *Pammene fasciana* L., que provoca la abscisión de erizos, *Mimas tiliae* L. y *Phalera bucephala* L., que atacan a plantas jóvenes y las defolian, y *Zeuzera pirina* L., que produce galerías muy grandes y prolongadas en la madera.

Entre los coleópteros se encuentran *Balaninus elephas* Gyll. y *Otiorhynchus* sp., ambos muy peligrosos por sus daños sobre frutos y hojas, respectivamente, y *Plagionotus arcuatus* L. y *Plagionotus detritus* L., que producen gran cantidad de galerías en la madera.

El único pulgón de importancia que se conoce en este cultivo es *Lachnus roboris* L., que puede producir graves daños en viveros y repoblaciones.

5.5. Enfermedades

Las enfermedades más importantes del castaño están producidas por hongos.

El más importante es *Phytophthora cinnamoni* Rands, que produce la enfermedad denominada **tinta**. Ataca a las raíces y al tronco; en el primer caso provoca un debilitamiento lento, pero progresivo, del árbol, en el segundo, la muerte más o menos rápida. Se caracteriza por la pérdida de vigor, aparición de ramillas puntise-cas o muertas, amarillamiento y caída de hojas y caída de frutos.

El **chancro** está producido por el hongo ascomiceto *Cryphonectria parasitica* (Murr.) Barr. Sus síntomas son visibles en las partes jóvenes del árbol y se caracterizan por la aparición de zonas rojizas sobre la corteza del tronco y las ramas, que se corresponden, por su parte interna, con la formación de un micelio blanco, afieltrado y en forma de abanico; estas zonas, además, ven reducido su desarrollo en grosor. Con el tiempo el daño se expande, secando las ramas y marchitando las hojas que caen prematuramente.

Otros hongos de interés son: *Microsphaerella maculiformis* (Persono) Schroet, que produce la **socarrina**, que ataca a las hojas produciendo pequeñas manchas pardas rodeadas de una aureola amarilla que evolucionan a zonas decoloradas con pequeños puntos negros y provoca, finalmente, su abscisión; *Armillaria mellea* (Vahl. in Fl. Dan. ex Fr.) Karst, que ataca a las raíces, provocando el correspondiente decaimiento de la copa, y puede llegar a producir la muerte del árbol; *Hypoxylon mediterraneum* (Dntrs) Ces. Et. Dntrs., que utiliza la lluvia y el viento para la propagación de esporas y penetra aprovechando heridas de la corteza o a través de las herramientas de poda, provocando costras carbonosas negras que dañan seriamente al árbol; y *Corineum modonium* (Tul) Griffon y Monblanc, que produce la **peste** del castaño caracterizada por la formación de pequeñas grietas con manchas negras sobre la corteza de ramas y tronco.

Tras la recolección, tienen especial importancia los hongos *Rhacodiella castaneae* Peyr., que produce la podredumbre negra, y *Poma endogena* Speg.

5.6. Patrones

En la mejora del castaño, la obtención de plantas tolerantes a la tinta y al chancho constituye un objetivo prioritario. Los castaños asiáticos son relativamente resistentes a la primera y toleran bastante bien al segundo, pero tienen un porte muy reducido y una producción muy baja. Su hibridación con castaños europeos ha dado algunos resultados positivos.

En efecto, los híbridos CHR-151, CHR-161, CHR-162 y CHR-168 se consideran de buena calidad para ser utilizados como patrón por su buena afinidad con la mayor parte de las variedades ensayadas y por el buen desarrollo de copa que inducen. De entre ellos el primero es el que ha dado mejores resultados.

5.7. Prácticas culturales

Tras la recolección, se seleccionan aquellas castañas que presentan las mejores características morfológicas, de brillo y tamaño, y se estratifican en frío para su conservación, formando capas sucesivas de castañas y arena humedecida hasta el punto que no provoque su germinación. En abril-mayo se prepara el suelo para la **siembra** con la adición de NO_3K , 150 kg/ha, y estiércol, 25 t/ha cada 2 años, y la formación de surcos separados entre sí 1 m, aproximadamente. Cada 8-10 cm se coloca, manualmente, una castaña a una profundidad dos veces su diámetro y a los 30-40 días emergen las plántulas. A los 1-2 años se realiza el **arranque** a raíz desnuda para su traslado al terreno definitivo.

Para la **plantación** de castaños para frutos, se abren hoyos de 1 m³ de volumen, en los que se sitúan las plantas, procurando que el cuello de la raíz enrase con la superficie del suelo, y cubriendo la raíces con tierra mullida, mezclada con humus y fertilizante (NO_3K , 25 g/árbol). El marco de plantación utilizado en España es el marco real, con un espaciamiento medio de 12-15 m (45-70 plantas/ha), ya que en esta especie los frutos sólo se desarrollan en las ramillas terminales y se exige, por tanto, una adecuada iluminación. Es frecuente asociar el cultivo del castaño con el de cereales de primavera, forrajeras, leguminosas, ... La **repoblación** se efectúa mediante siembra directa en el campo o, lo que es más frecuente, plantación de árboles del modo señalado; en el primer caso es muy importante realizar un desbroce para facilitar el desarrollo de las plántulas.

El **laboreo** se realiza con frecuencia durante los primeros años de la plantación; con ello se logra mullir el suelo y eliminar las malas hierbas, lo que en zonas secas beneficia mucho a esta especie. Con el tiempo, la frecuencia se reduce a una labor cada 3-5 años.

Para la obtención de frutos de calidad se recurre al **injerto** o sobreinjerto de material vegetal selecto. Los más utilizados son los de púa (cachado y corona) y los de yema (canutillo), que se obtienen de vástagos o varetas de árboles adultos en plena producción, que estén exentos de problemas fitosanitarios y den frutos de

buena calidad. La época más adecuada para efectuarlo corresponde al inicio de la actividad vegetativa.

En zonas de clima continental o de pluviosidad abundante, los catañares no se riegan. Sin embargo, el **riego** mejora notablemente las cosechas en zonas mediterráneas, más cálidas, que son más abundantes y regulares. Pero se tiene poca experiencia sobre frecuencia de riegos y caudal.

La **poda de formación** para la producción de fruto se realiza en vaso, abriendo la copa a 1,5-2 m del suelo. La poda de *mantenimiento* se centra en la eliminación de ramas bajas y/o secas, de alguna rama más gruesa que dificulte la conformación del árbol y de ramas enfermas. En árboles para la obtención de frutos y madera, la formación de la copa se establece a 5-7 m del suelo. La poda de *renovación* se realiza cada 15-30 años, y está orientada al rejuvenecimiento del árbol y a la obtención de frutos de buen calibre.

5.8. Técnicas poscosecha

Tras la recolección, la castaña se lava y clasifica por tamaño. En algunos casos se lleva a cabo un curado con agua caliente como método de control del ataque de hongos y permite, al mismo tiempo, separar las defectuosas por su menor densidad. Posteriormente se comercializa para consumo en fresco, entera o pelada y congelada.

La precocidad, el calibre, la regularidad de tamaño, las condiciones bromatológicas y la ausencia de lesiones, son los factores determinantes de la calidad de este fruto.

Existe alrededor de la castaña una industria importante de mermelada, helados, purés y licores.

5.9. Referencias bibliográficas

- Berrocal, M.; Gallardo, J.F. y Cardeñoso, J.M. 1998. *El castaño*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Bergougnoux, F. 1978. *Le châtaignier: Production et Culture*. CNICM, Nîmes, Francia
- Fernández-López, J. y Pereira, S. 2001. «Castaño». En: F. Nuez y G. Llácer (Eds.) *La Horticultura Española*, SECH-Ed. de Horticultura, S.L., Reus, España, pp. 282-286.

6. Otras especies

6.1. El pistachero

En el mundo se producen unas 570×10^3 t/año de pistacho, siendo Irán (300×10^3 t) el primer productor, seguido de EE.UU., Siria y Turquía. En España

se cultivan alrededor de 1.000 ha de pistachero con una producción total de 150 t/año, siendo Cataluña, Extremadura, Catilla-La Mancha y Andalucía las comunidades autónomas productoras más importantes.

El pistachero, *Pistacia vera* L., pertenece al Orden *Sapindales*, Familia *Anacardiaceae*. Es una *especie* dioica, leñosa, de hojas coriáceas y caducas (Foto 16.6); yemas de flor (las primeras en brotar) y de madera; flores agrupadas en racimos (Foto 16.6), las masculinas con 2 brácteas, 5 sépalos y 2-8 estambres, las femeninas con 2 brácteas, 5 sépalos y un ovario súpero; el fruto es una drupa ovoide, de 2-3 cm de eje mayor, con mesocarpio no comestible y endocarpio lignificado, dehiscente o no, que envuelve a la semilla, comestible (Foto 16.6).



Foto 16.6. Pistachero. Hojas (A), flores masculinas (B) y femeninas (C) y frutos en dehiscencia (D) de cv. 'Kerman'.

Se cultiva entre los paralelos 30° y 40° de latitud N. De gran *adaptación ecológica*, se cultiva entre una altitud de 0 y 2.000 m, soporta temperaturas invernales de hasta -30° C y estivales superiores a los 40° C, sus necesidades en frío invernal son muy variables, existiendo variedades que se adaptan bien a climas templados y otras que requieren más de 800 HF, y es poco exigente en agua, cultivándose en áreas con pluviometrías de 400 mm anuales y sobrevive con precipitaciones inferiores a los 200 mm/año. No requiere de suelos muy profundos (70-90 cm), resiste elevados contenidos en caliza activa (15%) y altos valores de pH (8-9) y tolera bien la salinidad (suelos de hasta 31% de Na intercambiables; 4 dS m⁻¹).

Las *variedades* de flor femenina más importantes son: 'Kerman', seguramente la más apreciada por sus frutos (Foto 16.6) de gran tamaño, dehiscentes, muy productiva, aunque con elevadas necesidades de frío (\approx 1.000 HF) y tendencia a la alternancia de cosechas; 'Mateur', de fruto alargado, de calidad, buena dehiscencia y adaptada a inviernos suaves (\approx 400 HF); 'Larnaka', de tamaño de fruto mediano,

precoz y poco exigente en frío; y 'Aegina', productiva, de fruto alargado, pero con un elevado porcentaje (30%) de vacíos y de bajas necesidades en horas frío. Los cultivares masculinos se utilizan como polinizadores; los más cultivados son 'Peters', cuya antesis se solapa marcadamente con la de 'Kerman', 'Mateur M', utilizado como polinizador del cultivar femenino del mismo nombre, 'C-Especial', 'M-C', '02-18', etc.

De esta especie se conocen los contenidos foliares óptimos en elementos minerales (N: 2,5-2,9%; P: 0,14-0,17%; K: 1-2%), recomendándose la fertilización con 100 kg/ha de N, 65 kg/ha de P (P_2O_5) y 40 kg/ha de K (K_2O). Son frecuentes las deficiencias en Zn y B.

La plaga más importante de esta especie es el gusano cabezudo (*C. tenebrionis*); también se han citado un ácaro (*Brevipalpus lewisi* McGregor) y algunos áfidos.

Las enfermedades más frecuentes en el cultivo de esta especie son los hongos *Septoria pistachina* Allesch., que ataca a las hojas, *Phytophthora parasitica* Dast., que produce podredumbres en el cuello de la raíz, y *Verticillium dahliae* Kleb., que ha producido los mayores daños en las nuevas plantaciones de California (EE.UU.).

Los patrones más utilizados en el mundo son: 1) *P. vera*, empleado en Irán, Turquía,... y, en general, en la mayor parte de las zonas productoras; 2) *P. terebinthus* L., de gran adaptación al medio y ampliamente utilizado en California (EE.UU.), pero sensible a *V. dahliae*; y 3) *P. atlantica*, sensible también a *V. dahliae*.

Los marcos de plantación recomendados para el pistachero son 7 x 6-7 m. Los árboles polinizadores, distribuidos de acuerdo con la dirección de los vientos dominantes por tratarse de una polinización anemófila, deben suponer entre el 5 y el 10% del total de la plantación. La poda de formación se realiza en vaso con tres ramas principales; la poda de fructificación se limita a renovar la madera en los inviernos anteriores al año que se espera una reducción de la producción, pinzando los brotes sobre la yema terminal y eliminando ramas débiles y chupones; la poda de rejuvenecimiento debe ser severa, aclarando todas las ramas debilitadas y dejando las vigorosas que muestren buenas yemas de prolongación.

El riego mejora la producción y la calidad (tamaño) del fruto de esta especie. En California (EE.UU.), donde se aportan volúmenes de agua de 8.000-10.000 m³/ha/año, los problemas por el ataque de *V. dahliae* han hecho necesaria su restricción hasta un 50%, a pesar de lo cual persisten los problemas. Las recomendaciones actuales indican que el aporte de 3.000 m³/ha/año repartidos en un 33% desde primeros de abril a finales de junio y el resto entre primeros de julio y finales de agosto, con goteros de gran caudal y bien distribuidos alrededor del árbol, dan buenos resultados.

La recolección se realiza por vareo o mediante vibradoras mecánicas. Para el despelajeado del fruto se utiliza la misma maquinaria que para la almendra. El

secado es natural, en las zonas secas, o con aire forzado en las húmedas. Aunque el pistacho tiene aplicaciones industriales (pastelería, heladería, etc.), su mayor consumo es el de mesa.

Para una mayor información sobre el cultivo de esta especie consúltense las obras de Spina (1984), Joley (1979) y Couceiro *et al.* (2000).

Referencias bibliográficas

- Couceiro, J.F., J.M. Coronado, M.T. Menchén, y M.A. Mendiola. 2000. *El Cultivo del Pistachero*, Ed. Agro Latino, Barcelona, España.
- Joley, L.E. 1979. Pistachios. En: *Nut Tree Culture in North America*, R.A. Jeynes (Ed.), Ed. NNGA, Hamden, EE.UU.
- Spina, P. 1984. *El Pistacho*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.

6.2. El algarrobo

El algarrobo, *Ceratonia siliqua* L., es una planta mediterránea de la que España, con 70.000 ha, es la primera productora del mundo con unas 100×10^3 t anuales (45% del total mundial), seguida de Italia y Marruecos (25.000 t cada una). La Comunidad Valenciana, Cataluña y Baleares son las primeras productoras. Spina (1989) y Tous y Batlle (1990) han estudiado el cultivo de esta especie.

Esta especie pertenece al Orden *Fabales*, Familia *Leguminosae*, Subfamilia *Cesalpiniaceae*. Es un árbol perennifolio, grande, vigoroso (Foto 16.7), de crecimiento lento y longevo. Su sistema radicular es potente y profundo. Las hojas, compuestas paripinnadas con 6-10 pares de foliolos, coriáceos, verde brillante y redondeados (Foto 16.7). Sus yemas terminales son vegetativas y las de flor pueden ser axilares, mixtas, múltiples,... Es una especie polígama-trioica, esto es, existen árboles hermafroditas y árboles dioicos (machos y hembras). Presenta inflorescencias en racimo sobre madera de dos años de edad (Foto 16.7). La floración es muy duradera (de verano a finales de otoño), aunque la plena floración se alcanza en septiembre-octubre. La polinización es entomófila y anemófila. El fruto es una silicua o legumbre indehiscente, de forma alargada, de 10 a 25 cm de longitud, ligeramente curvada, que alberga a las semillas (Foto 16.7). Las variedades cultivadas en España han sido seleccionadas por su contenido en pulpa; sin embargo, la demanda actual se basa en la semilla. La mayor parte de los árboles en cultivo son de variedades femeninas; entre éstas, las más importantes son la 'Negra', cultivada en Cataluña y en el norte de Castellón, la 'Matalafera', cultivada en Valencia, y la 'Bugadera', que se cultiva en Baleares, que representan el 20%, 10% y 7%, respectivamente, de la producción nacional.

Dada su rusticidad, su adaptación ecológica es buena, aunque es muy sensible a la baja temperatura que limita su área de cultivo; valores inferiores a -4°C dañan plantas jóvenes y brotes e inflorescencias de adultos. Es resistente a la sequía, produciendo bien con precipitaciones del orden de 500 mm anuales. Se adapta bien a



Foto 16.7. Árbol, hojas, flores femeninas, frutos y semillas de algarrobo.

diferentes tipos de suelo y tolera la salinidad, aunque los prefiere franco-arenosos, bien drenados, alcalinos y ricos en caliza activa.

A pesar de ser una leguminosa, esta especie no fija N atmosférico, ya que es incapaz de producir nódulos con las bacterias nitrificantes. Además, su fertilización no ha sido, todavía, bien estudiada, de modo que las dosis de fertilización que se recomiendan para las plantaciones productivas (2,5-3,0 t/ha) del litoral mediterráneo español, son aproximadas: 60 UF/ha de N, 20 UF/ha de P (P_2O_5) y 50 UF/ha de K (K_2O).

Las plagas más importantes del algarrobo son el barrenador de la madera, *Z. pyrina*, y la polilla de la garrofa, *Ectomyelois ceratoniae*. La enfermedad más importante es el oidio, *Oidium ceratoniae*.

La propagación de esta especie no es complicada y se lleva a cabo por semilla, para la obtención del patrón, y vegetativamente, por injerto, para la variedad. Los patrones que se utilizan son francos de semilla.

La densidad de las plantaciones de algarrobo es muy baja, con 25 a 45 árboles/ha, lo que equivale a marcos de plantación reales de 15-20 m. En las nuevas plantaciones se emplean marcos de 8-9 m, con 100-150 árboles/ha. La proporción de polinizadores (machos o hermafroditas) debe ser del orden de 10%-15%. La poda de formación es en vaso, con un tronco de 50-80 cm de altura y 3-4 ramas principales. La poda de fructificación se realiza cada tres o cuatro años ya que el algarrobo fructifica en madera de dos años de edad. El laboreo se realiza entre líneas y en la proyección de la copa se emplean herbicidas para el control de malas

hierbas. Las plantaciones de esta especie se cultivan en seco. La algarroba se recolecta manualmente o mediante vibradoras mecánicas, recogiendo el fruto del suelo o de mallas colocadas al efecto.

Tras la recolección, el fruto debe almacenarse en lugares secos y ventilados para evitar podredumbres. Posteriormente, es troceado y separado en pulpa (90%) y semilla (garrofín); este proceso se realiza mecánicamente. Aunque la algarroba se ha utilizado, tradicionalmente, como alimento de ganado, el mayor uso de la pulpa de garrofa y, sobre todo, de la harina de garrofín es la industria agroalimentaria.

Referencias bibliográficas

- Spina, P. 1989. *El algarrobo*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
Tous, J. y Batlle, I. 1990. *El algarrobo*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.

6.3. Macadamia

La Macadamia, también conocida como nuez australiana, es una especie originaria de Australia. Perteneció a la familia Proteaceae con dos especies de importancia *Macadamia integrifolia* y *M. tetraphylla*, siendo esta última la que posee mayor interés comercial. Existen algunos híbridos de ambas y otras especies, pero carecen de interés. En el año 2009, la producción mundial de Macadamia fue de 725.000 t, siendo EE.UU. (en Hawái y California) el mayor productor con más de 120.000 t, seguido de Indonesia (94.000 t), México (87.000 t) y Etiopía (75.000 t). Otros países como Australia, China, Guatemala y Tailandia son, también, productores.

El cultivo de esta especie ha sido estudiado con detalle por Morley-Bunker y McNeil (1999), Rincón (2000) y Villegas (1996).

Es un árbol perennifolio de unos 4-5 m de altura en condiciones de cultivo, pero que puede alcanzar hasta 10-15 m. Con tendencia a la verticalidad, sus ramas son muy angulosas. **Hojas** simples, opuestas o verticiladas en número de 3 ó 4, elíptico-lanceoladas, de 20 a 30 cm de largo, y ligeramente pecioladas. Cada hoja tiene varias yemas axilares. Sus **flores** son hermafroditas, de color blanco-amari-llento, agrupadas en racimos colgantes de 10-20 cm de longitud, con 75-400 flores por racimo (Foto 16.8A). Precisa entre 5 y 12 años para entrar en producción y 10-15 años para alcanzar la plena producción (30-70 kg/árbol).

Esta especie brota varias veces al año, pero la brotación más importante es la de primavera. Florece y fructifica entre primavera (Foto 18B) y verano y se recolecta desde julio a diciembre en el HN y desde enero a junio en el HS. Aunque permite la polinización cruzada, la fecundación se produce mediante autopolinización, si bien se ha registrado una autoincompatibilidad parcial. En todo caso, la presencia de abejas es exigible para una buena producción.

El **fruto** es una drupa globosa (Foto 16.8C) de hasta 3 cm de diámetro. El pericarpo es carnoso y el endocarpo lignificado, liso y duro, envuelve a una semilla de



Foto 16.8. Macadamia. Inflorescencias (A), frutos recién cuajados iniciando el crecimiento (B), fruto maduro (C) y listo para comercializar (D).

1,5-2,5 cm de diámetro, comestible y rico en aceite (> 70%). Se utiliza como alimento (en crudo, tostada y salada) y con fines medicinales (reduce los niveles de colesterol, tiene alto contenido en fibra, Ca, Fe, P y vitamina B1), en cosmética y como especie ornamental y para reforestación.

Las **variedades** que normalmente se cultivan son de origen local y bien adaptadas a las condiciones de cada área de cultivo. Sin embargo, recientemente se han registrado algunas variedades seleccionadas y algunos híbridos de *M. integrifolia* × *M. tetraphylla*. Entre las variedades de *M. integrifolia* destacan 'Keauu', por su vigor y el porcentaje de nuez (45%), 'Kakea', por su cáscara blanda, y 'Keauhon', por el buen tamaño de la nuez y su resistencia a antracnosis; entre las de *M. tetraphylla*, 'Cate', por su precocidad, producción regular y tamaño de la nuez, y 'Elimbah', por su elevado porcentaje de nuez (47%) y largo periodo de recolección; y entre los híbridos, 'Beaumont', de buen tamaño de nuez y largo periodo de recolección, y 'Vista', precoz.

El patrón que se utiliza es siempre franco, preferiblemente de *M. tetraphylla*.

Es una especie de **clima** subtropical, pero con una buena tolerancia al frío. Los árboles adultos resisten hasta -6°C , pero los jóvenes presentan daños a -3°C . Por el contrario, temperaturas superiores a 35°C en el momento del cuajado o cuando se está formando la semilla reducen marcadamente su producción. No es una especie muy exigente en agua, pudiendo desarrollarse adecuadamente con 1.000 mm de lluvia anual bien distribuida, y es tolerante a la asfixia radical. Presenta una buena adaptación a un amplio rango de **suelos**, prefiriendo suelos bien drenados, con pH 6-7 y 1 m de profundidad al menos.

La **fertilización** de la *Macadamia* exige una fórmula equilibrada de nutrientes, 15-15-15 ó 10-10-10, en 3-4 veces a lo largo del año, a razón de 400-450 g, respectivamente, cada vez, y responde muy bien a las aportaciones de materia orgánica. Se recomiendan marcos de plantación entre 8 × 8 m y 10 × 10 m.

La **poda** de formación es de eje central. Se precisa de una poda anual de mantenimiento para asegurar una distribución alternada de las ramas.

Las **plagas** más importantes de la *Macadamia* son los pulgones, que atacan las flores y los brotes nuevos, los lepidópteros minadores del fruto, los thrips, y las ratas, que dañan los frutos antes de ser cosechados y los frutos caídos.

La nuez de *Macadamia* se recoge del suelo tras su abscisión espontánea una vez alcanza la madurez. Se recomienda que no pasen más de 2-3 días desde su caída, de lo contrario pierde contenido en aceite y sabor. Esta labor está semi-mecanizada, utilizándose redes para recogerlas y aspiradoras.

Una vez recolectado el fruto, el pericarpo se elimina inmediatamente con una máquina descascaradora y se somete a un proceso de secado. Posteriormente puede almacenarse, en condiciones de temperatura y HR adecuadas, durante varios meses.

La calidad de la nuez de *Macadamia* se clasifica por su color y forma, y varía según su presentación. Se comercializa (Foto 16.8D) como nueces enteras, en mitades, en pedazos de diferentes tamaños, natural o tostada, y triturada. En todos los casos se exigen un estándar de calidad para su comercialización.

Referencias bibliográficas

- Morley-Bunker, M. y McNeil, D. 1999. *Macadamias*. En: D.I. Jackson y N.E. Looney (Eds.) *Temperate and subtropical fruit production*. CABI International, Wallingford, UK.
- Rincón, S.O. 2000. *Manual para el cultivo de la macadamia*. CORDICAFE, Bogotá, Colombia.
- Villegas, G.C. 1996. *El cultivo de la macadamia en la zona cafetera colombiana*. Avances Técnicos CENICAFE, 227: 1-8.

6.4. Nogal Pecán

El nogal Pecán, *Carya illinoensis*, pertenece a la familia Juglandaceae, es originario del este de Norte y Centro América y se le conoce, también, como Nogal americano, Nogal de Illinois, Nogal de pacana y Pecanero. De la producción de nuez Pecán no se tienen datos fidedignos, pero se estima en 160.000 t anuales, siendo EE.UU., con el 75%, el primer país productor, seguido de México con el 20%; Australia, Israel, Perú y la República Sudafricana producen cantidades menores.

Jackson and McNeil (1999) han resumido el cultivo de esta especie y Byford (2005) y Wells y Connors (2009) han estudiado sus principales variedades.

Es un **árbol** caducifolio de gran altura, que puede alcanzar los 50 m de altura y 35 m de diámetro. Su sistema radicular es muy profundo y extenso, lo que dificulta el trasplante. El tronco es de corteza marrón-rojiza, agrietada y se desprende en escamas. Sus **hojas** (Foto 16.9A) son pinnadocompuestas, sin estípulas, con 11-17 foliolos lanceolados u oblongos, asimétricos, sentados, a excepción del foliolo terminal, y de margen aserrado. Es una especie monoica. Las **flores** masculinas se organizan en amentos, de color verde amarillento, que salen de las axilas de hojas del año anterior, y poseen 3-4 estambres libres. Las flores femeninas surgen de yemas mixtas, poseen pubescencia amarilla y poseen un pistilo formado por 2 hojas carpelares soldadas. Florece en primavera, 2-3 semanas después de brotar, y presenta dicogamia. Precisa entre 5 y 6 años para entrar en producción y 12-15 años para alcanzar la plena producción (50-100 kg/árbol). Fructifica en racimos (Foto 16.9B) y el **fruto**, alargado (3-5 cm) y puntiagudo, posee un pericarpio carnoso y un endocarpo duro, liso (Foto 16.9C), con 3-4 comisuras tenues, que alberga la **semilla** de 2,5-3,5 cm de longitud y 1,0-1,5 cm de anchura (Foto 16.9D). Madura a los 6-7 meses de la antesis.

El nogal Pecán es más sensible al frío que otros nogales, particularmente durante los primeros años. Las plantas adultas necesitan más de 180 días libres de heladas y suficiente frío en invierno (600/800 HF) para el desarrollo normal de sus yemas; asimismo, las semillas necesitan del frío para germinar. Es, por tanto, exigente en **clima**. Aunque crece espontáneamente tanto en zonas húmedas como áridas, sus requerimientos hídricos en verano son muy elevados. Vegeta bien en **suelos** profundos y de pH próximo a la neutralidad (6-6,5). Es muy sensible a la deficiencia de Zn.

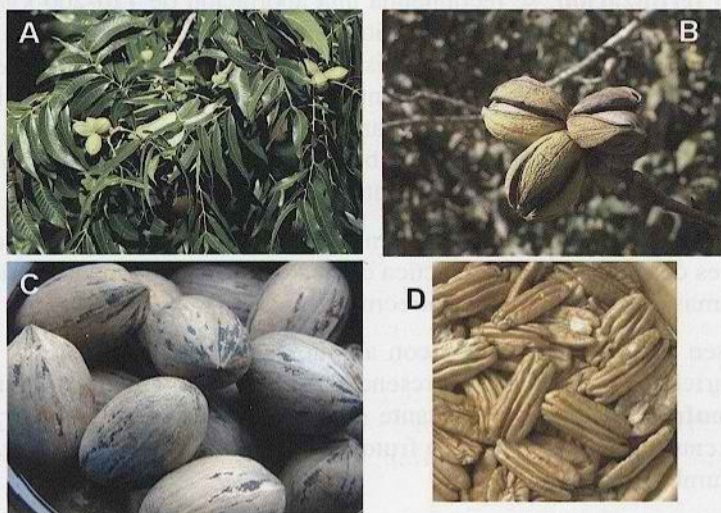


Foto 16.9. Nogal Pecán. Hojas y frutos en crecimiento (A), en dehiscencia (B), maduros recién recolectados (C) y semillas (D).

Existen numerosas **variedades** de nogal Pecán. Para su elección debe tenerse en cuenta la regularidad de producción (algunas presentan una acusada alternancia de cosechas), el vigor, el tamaño y las características de la nuez, la entrada en producción, precocidad, su adaptación a las condiciones del medio y el tipo de dicogamia. Este último divide a las variedades en *protándricas*, cuyas anteras liberan el polen antes de que el pistilo de las flores femeninas esté maduro, y *protogónicas*, que lo liberan después. Sea cual fuere la elección, el carácter dicogámico de esta especie exige la presencia de más de una variedad en la misma plantación para asegurar el cuajado y la producción, eligiendo para ello aquellas que presenten un buen periodo de solape en la liberación de polen y receptividad del estigma. Las variedades más importantes recomendadas en EE.UU. y México son:

- ‘Kanza’. Protogónica, de producción regular y nuez de calidad, sensible al frío y resistente a la sarna (*Cladosporium carygenum*) y al secado de hojas.
- ‘Cheyenne’. Protándrica, de rápida entrada en producción y muy productiva, aunque con problemas de cuajado si no se elige un buen polinizador, con tendencia a la alternancia de cosechas, y nuez de muy buena calidad.
- ‘Mohawk’. Protogónica, muy vigorosa, de rápida entrada en producción, precoz, de recolección prolongada y nuez grande (10-15 g), atractiva y de alta calidad, sensible al frío.
- ‘Wichita’. Protogónica, muy productiva y nuez de alta calidad, muy sensible al frío y al moteado.

El patrón utilizado en esta especie es franco, si bien se buscan aquellos que sean resistentes a la sarna.

Para su **fertilización**, se recomienda una aportación de 120-200 kg/ha de N, preferiblemente en dos veces, a principios de primavera y principios de verano y en forma de sulfato amónico, ya que éste acidifica el suelo y favorece, de este modo, la absorción de Zn. No es una planta exigente en K, pero sí en Zn. Este debe aplicarse en forma de SO_4Zn pulverizando el árbol al menos 4 veces desde el momento en que las hojas empiezan a abrir. Puede incorporarse a estas aplicaciones aportaciones de Fe en forma de sulfato.

Los **marcos de plantación** oscilan entre $7,5 \times 7,5$ m y $4,5 \times 9,0$ m. La poda de formación es de eje central y se practica de una poda anual de mantenimiento para eliminar ramas secas, enfermas y entrecruzadas.

No posee **plagas** importantes, con algunos ataques de pulgones y la consiguiente aparición de *negrilla*, y la presencia de algunos lepidópteros minadores de hojas. La **enfermedad** más importante es la sarna (*Cladosporium carygenum*), hongo que causa la caída de hojas y frutos; *Phytophthora* y *Phymatotrichum* causan podredumbres en la raíz.

Su **recolección** es muy sencilla ya que el fruto maduro del nogal Pecán se desprende del árbol espontáneamente, pero comercialmente se utilizan vibradores

para provocar su caída, recogiénolo en mallas colocadas en la base del árbol desde las que se aspira mecánicamente. Para provocar la dehiscencia, en ocasiones, se utiliza etephon. El modo de tratar la nuez tras la recolección hasta su comercialización no es distinto al señalado para otras especies.

La nuez Pecán se comercializa entera o pelada y troceada para su consumo directo. Posee más de un 70% de grasas, de las cuales el 70%, aproximadamente, son ácidos grasos monoinsaturados (oleico) y un 17% poliinsaturados (linoleico) y está libre de colesterol. Posee un alto contenido en potasio (1%), proteínas (9%) y vitaminas A, B1, B2, B3, C y E. Se emplea también en cosmética y en la fabricación de jabón.

Referencias bibliográficas

- Byford, R. 2005. *Pecan varieties for New Mexico*. New Mex. State Univ., Extension Plan Sci., Guide H-639.
- Jackson, D. y McNeil, D. 1999. Pecans. En: D.I. Jackson y N.E. Looney (Eds.) *Temperate and subtropical fruit production*. CABI International, Wallingford, UK.
- Wells, L. y Conner, P. 2009. *Pecan varieties for Georgia orchards*. Georgia Univ., Coop. Extension, Circular 898.

CAPITULO 17

OTROS FRUTALES DE ZONAS TEMPLADAS

1. El níspero japonés

El níspero japonés es originario de China, donde se inició su cultivo alrededor de 1800. Desde allí llegó a Europa en el siglo XVIII, adaptándose bien a las condiciones climáticas mediterráneas. En América también se cultiva.

La producción mundial de níspero japonés alcanza las 200.000 t, siendo China la primera productora con más del 50%. Argelia, Brasil, Chile, Estados Unidos, Grecia, Italia, Japón y Portugal producen cantidades apreciables de este fruto.

En España se dedican a su cultivo unas 3.000 ha que rinden una producción total de 44.000 t/año, siendo la Comunidad Valenciana, con 1.750 ha y 32.500 t/año, la primera productora, seguida de Andalucía, 600 ha y 10.000 t/año.

Martínez-Calvo *et al.* (2000) han descrito los principales cultivares de níspero, Rodríguez Pérez (1983), Gariglio *et al.* (2002) y Agustí *et al.* (2006) han estudiado su cultivo en España y Lin *et al.* (1999) han revisado sus características botánicas, fisiológicas y de cultivo, así como su utilización y comportamiento poscosecha.

1.1. Clasificación botánica y agronómica

El níspero pertenece al orden *Rosales*, familia *Rosaceae*, subfamilia *Pomoideae*. Se distinguen dos especies, el níspero japonés, *Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl., cultivado en todo el mundo y *Mespilus germanica* L., o níspero europeo, de origen incierto y con escaso interés frutícola actual.

Arbol vigoroso, de rápida entrada en producción (2-3 años), con tendencia a la verticalidad y productivo (Foto 17.1). Sus hojas son perennes, grandes, duras y de

bordes aserrados (Foto 17.1). Sus flores se distribuyen en panículas; son pequeñas, de pétalos blancos y cáliz marrón y pubescente (Foto 17.1). Florece en otoño (noviembre, en las condiciones climáticas mediterráneas). Fruto de tamaño medio-pequeño, de color amarillo-calabaza, con 2-4 semillas grandes de cubiertas marrón oscuro (Foto 17.1). No se desprende del árbol.



Foto 17.1. Árbol, hojas, inflorescencia y frutos de níspero japonés.

Martínez-Calvo *et al.* (1999) han adaptado la escala BBCH a la descripción de los estados fenológicos de esta especie.

Las variedades cultivadas de níspero japonés más importantes son las siguientes:

- *Algerie*. Constituye la variedad más importante en España, con cerca del 70% de la superficie destinada a este cultivo. Árbol de vigor medio, con tendencia a la verticalidad y productivo. Frutos de tamaño medio a grande, de forma ovalada y cavidad calicina semiprofunda. Piel áspera y fácil de separar. Pulpa de color amarillo-crema, firme, jugosa y de sabor muy agradable. Soporta bien el transporte y su conservación a baja temperatura, pero es muy sensible a la mancha púrpura. Madura a finales de abril.
- *Golden Nugget*. Variedad extensamente cultivada en América. Árbol de vigor medio y productivo. Fruto de tamaño grande, redondo y cavidad calicina poco profunda. Piel fuerte y dura, pero que se desprende bien. Pulpa

firme, jugosa y de sabor acidulado. Es más resistente a la mancha púrpura que el 'Algerie'. Resistencia media a la manipulación y al transporte. Madura a principios de mayo.

- *Tanaka*. Cultivada en Japón, en España apenas representa el 15% de la superficie total. Arbol vigoroso, con tendencia a la verticalidad y ramas, a veces, desnudas, productivo. Fruto de tamaño grande, forma piriforme y cavidad calicina poco profunda. Piel fina, vellosa y dura, que se separa fácilmente. Pulpa de color amarillo, dura, jugosa, dulce y, al mismo tiempo, de sabor fuertemente acidulado. Buena resistencia a la manipulación y transporte y buena conservación en frío. Muy sensible a la mancha púrpura. Madura la segunda quincena de mayo.

Otras variedades cultivadas en España son 'Cardona', 'Peluches' y 'Magdal'; en Japón también se cultiva la 'Moggi', en California tienen importancia 'Early Red' y 'Champagne', en Florida 'Oliver' y 'Fletcher', en Italia 'Vaniglia' y 'Sanfilippa' y en Brasil 'Precoce de Itaquera' y 'Mizuho'.

1.2. Adaptación ecológica

Especie de origen meridional de zonas templadas, se adapta muy bien a los climas templado-cálidos con inviernos largos, frescos y lluviosos, pero los de temperaturas altas son los más adecuados para su cultivo. Es muy sensible a los fríos invernales, por lo que se aconseja realizar las plantaciones en áreas resguardadas del frío y del viento.

Para cultivarse en secano exige precipitaciones anuales entre 1.200 y 2.000 mm, bien repartidas. La ausencia de lluvias en épocas próximas a la cosecha impide que el fruto adquiera su tamaño adecuado, y en los meses de verano reduce el desarrollo vegetativo.

El níspero es especialmente sensible al viento. Cuando éstos se presentan en pleno desarrollo del fruto, pueden dañar su epidermis y reducir drásticamente su valor comercial; y si son cálidos causan una gran desecación en frutos y en ramas. Esta es la principal razón por la que en España se protegen las plantaciones cubriéndolas con mallas de poro ancho (Foto 17.2A). La luminosidad también puede dañar a los frutos, produciendo una lesión deprimida y de color marrón oscuro, denominada *golpe de sol*, que invalida comercialmente al fruto (Foto 17.2B).

Esta especie prefiere suelos francos, profundos y con buen drenaje. Los suelos arcillosos favorecen su desarrollo vegetativo y el tamaño del fruto, pero éstos son de carne dura, menos sabrosos y de maduración tardía. Los suelos arenosos favorecen la precocidad y la calidad intrínseca del fruto que es, sin embargo, de menor tamaño. Valores de pH próximos a la neutralidad (6-8) son los más adecuados, siendo particularmente perjudiciales los suelos ácidos.

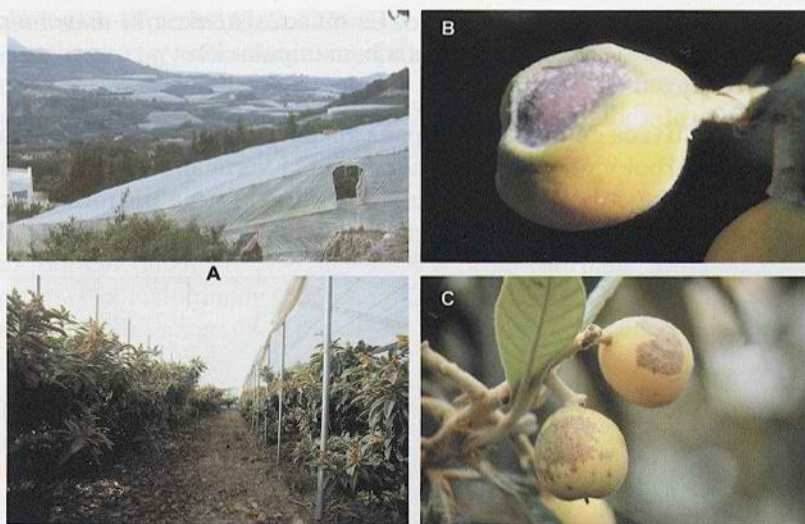


Foto 17.2. La dureza de las hojas, aserradas, del níspero japonés hace que éste sea extremadamente sensible al viento, por lo que en la comarca de la Marina Baixa (Alicante, España) es frecuente ver los campos cubiertos con mallas de poro ancho para evitar que el fruto se dañe (A). Este fruto también es sensible a la luz (*golpe de sol*; B) y a la alteración fisiológica denominada *mancha púrpura* (C).

1.3. Nutrición. Fertilización

Muy poca es la información que se tiene sobre las necesidades nutricionales de esta especie. Aparentemente, es muy exigente en materia orgánica, habiéndose determinado unas necesidades medias entre 10 y 12 t/ha y año de estiércol.

La incorporación de elementos minerales como abonado de restitución se cifran, en general, para árboles adultos en plena producción ($\approx 1,5$ t/ha), en 250-300 UF/ha y año de N, 150-200 UF/ha y año de P (P_2O_5) y 125-250 UF/ha y año de K (K_2O).

Estas dosis fertilizantes se aplican en tres épocas: el 25% del N a principios de primavera, el 50% a los 20-30 días de la recolección y el otro 25% en verano. El P y el K pueden incorporarse de una sola vez tras la recolección.

1.4. Plagas

Son pocas las plagas que afectan al cultivo del níspero. Las más importantes son: a) *Cydia molesta* Busck., o polilla oriental de los frutales, un lepidóptero con 2-6 generaciones anuales; las orugas de la primera atacan a los brotes a los que encorvan y secan, las de la segunda atacan al fruto, escavando galerías hasta las semillas; b) el tisanóptero *Frankliniella difficilis* Hood, que ataca a los frutos recién cuajados a los que les clava su estilete para chupar el jugo, dando lugar a necrosis celulares que, al engrosar el fruto, se transforman en cicatrices, rugosida-

des suberosas, deformaciones y secreción de goma; y c) el ácaro *Eryophies eriobotryae*, que se localiza bajo las brácteas de las yemas a las que puede destruir o deformar.

1.5. Enfermedades

Las enfermedades criptogámicas más importantes en el cultivo del níspero son: a) El *cribado*, producido por *Cercospora eriobotryae*, caracterizado por la formación sobre las hojas y frutos de pequeñas manchas, redondeadas, de color pardo-violáceo; las primeras debilitan el árbol y las segundas deprecian gravemente la calidad del producto; b) El *chancro*, originado por *Sphaeropsis malorum* que ataca a las ramas o al tronco, provocando unas depresiones iniciales, con grietas y rebordes pronunciados, que con el tiempo se van rodeando de un cerco prominente, la corteza se arruga y llega a desprenderse; c) *Podredumbre parda*, producida por *Sclerotinia fructigena* que, en el caso del níspero, sólo ataca al fruto, en el que se introduce a través de pequeños orificios, generalmente picaduras de insectos; el fruto atacado se pudre siguiendo una evolución similar a la descrita para las manzanas (ver Capítulo 12, apt. 3.5); d) *Moteado o roña*, cuyo agente patógeno es *Spilocaea pyracanthae*, que ataca a todos los órganos aéreos de la planta; sobre las hojas origina pequeñas manchas pardo-verdosas, que poco a poco se van uniendo unas con otras, haciéndose mas grandes y evolucionando a un color amarillo y, finalmente, marrón; el resto de la hoja queda con una tonalidad pálida y se encorva; en las ramas aparecen manchas de color marrón oscuro que, si las condiciones climáticas (HR y t°) son adecuadas, evolucionan a chancros que acaban por secarlas; a las flores las destruye completamente, ya que ataca a sépalos, pétalos y ovario; al fruto lo ataca en cualquier estado de desarrollo, produciendo sobre su epidermis manchas oscuras, aisladas o confluyentes, de tamaño variable que, si el fruto es joven, se deshidratan impidiendo el desarrollo de la zona afectada y originando deformaciones, hendiduras y hasta fisuras, y si está próximo al cambio de color se muestran vellosas y de color verde oscuro, consecuencia de la formación de conidios, principal inóculo de esta enfermedad, que es la más importante en el cultivo del níspero; e) *Mal blanco de la raíz*, producida por *Rosellinia necratix*, cuyos síntomas y daños son similares a los descritos para el manzano (ver Capítulo 12, apt. 3.5).

1.6. Patrones

El patrón más utilizado en el cultivo del níspero es el franco, utilizándose las variedades autóctonas como fuente de semillas. En España se emplea el 'Polop ACCO I', que ha mostrado un rápido crecimiento en el primer año de siembra. Los patrones francos presentan buena afinidad con todas las variedades cultivadas, dando árboles vigorosos, de buen tamaño, más longevos y bastante resistentes a la caliza activa; por el contrario, son exigentes en agua y sensibles a la salinidad.

También se utiliza el membrillero, *Cydonia vulgaris* Pers., de escaso vigor (enanizante) y tolerante a la salinidad. Es de rápida entrada en producción y productivo; induce buen tamaño de fruto. Tiene como inconvenientes su escasa afinidad y mala resistencia a la asfixia radicular.

El espino albar o majuelo, *Crotaegus oxyacantha*, también se utiliza como patrón, sobre todo en suelos secos, pedregosos y calcáreos; su afinidad, sin embargo, es bastante deficiente. Otras especies, como manzano, peral y acerolo, también pueden utilizarse como patrón del níspero; su mayor inconveniente es, también, la mala afinidad con la mayor parte de las variedades en cultivo.

1.7. Prácticas culturales

La tendencia natural de estos árboles es a crecer verticalmente, con gran desarrollo y copa en forma glóbosa. De acuerdo con ello, se acostumbra a realizar una **poda de formación** en vaso, con cuatro brazos principales. Otras formas, de eje central con formación de pisos, variables en número según la tendencia a la verticalidad de la variedad, pueden resultar más aconsejables en el reparto de la cosecha y la calidad del fruto, pero no se emplean en la práctica. En efecto, dado que en la CV los campos se encuentran, en muchos casos, en laderas de montaña con pendientes acusadas, hay que procurar reducir el porte del árbol para mantenerlo equilibrado, en vegetación y localización de cosecha, con el fin de evitar descalces y facilitar las labores de cultivo; la formación en vaso lo facilita, y ello marca la **poda de mantenimiento**. La **poda de fructificación** se limita a eliminar, tras la recolección, el eje de las inflorescencias que han aportado la cosecha y alguna rama seca o mal situada.

En el níspero existe una estrecha dependencia entre el número de frutos recolectados y su tamaño individual. A pesar de que el índice de cuajado de las variedades en cultivo es bajo (15-10% de las flores formadas), se hace necesario reducir, aún más, el número de frutos que inician el desarrollo (7-8%). Ello se lleva a cabo mediante el **aclareo** manual de flores o de frutos. Dada las estructuras florales de esta especie, es cada vez más frecuente el aclareo de flores; el níspero presenta inflorescencias en panícula, de rotura fácil, lo que se aprovecha para adelantar el aclareo partiéndola y dejando, aproximadamente, 1/3 de aquella con sus flores; posteriormente se completará con la eliminación de algún fruto que haya quedado mal situado o que aparezca en exceso. Si no se efectúa de este modo, el aclareo se lleva a cabo cuando son visibles los frutos en desarrollo, dejando entre 3 y 5 frutos por panícula, dependiendo del tamaño de ésta. El aclareo químico es posible con la aplicación de ANA, a una concentración de 20 mg/l, cuando son visibles 2-3 frutos cuajados por panícula; esta técnica debe completarse con un repaso manual, pero reduce en más de un 50% los costes de mano de obra del aclareo.

Las exigencias hídricas propias de esta especie no permiten su cultivo en seco en la Cuenca Mediterránea; es necesario el aporte de agua mediante el **riego** para lograr cosechas abundantes y de calidad. Su cultivo pasa, a este respecto, por

dos etapas secas y una húmeda bien diferenciadas: las primeras coinciden con las de máximo crecimiento radicular, en primavera, después de la recolección (mayo-junio), y en otoño, antes de la floración (septiembre), aconsejándose un aporte de agua en estas épocas equivalente a $0,5 \times ET_c$; la etapa húmeda coincide con la fase de desarrollo lineal del fruto en el que se aconseja aportar el agua de acuerdo con la ET_c ; para las épocas restantes del ciclo de cultivo se consideran seca desde junio a agosto y húmeda en octubre y noviembre. El riego por inundación sigue siendo, todavía, mayoritario, aunque cada día es más frecuente el riego localizado. La falta de agua en la etapa húmeda se traduce en depresiones de la superficie del fruto y éstos son más pequeños y más dulces, pero menos jugosos; en las etapas secas, el exceso de agua provoca el desarrollo de raíces superficiales y finas, y un excesivo desarrollo vegetativo que compite con el del fruto reduciendo su tamaño final.

En relación a las **alteraciones fisiológicas**, la denominada mancha púrpura (*purple spot*) es la más importante y uno de los problemas más graves de este cultivo. El daño se manifiesta por la aparición de manchas de color pardo que sólo afectan a la epidermis, de superficie y contornos irregulares, que a medida que el fruto madura se van haciendo mayores, uniéndose unas con otras hasta formar manchas grandes de color pardo-morado que hace inviable su comercialización (Foto 17.2C). La alteración aparece durante el cambio de color del fruto. Su aparición se ha relacionado con alteraciones nutricionales, en particular con deficiencias en Ca y, también, con excesos de N, con alteraciones climáticas, sobre todo cambios bruscos de t^a y HR, con la posición del fruto en el árbol (la cara que mira al sol y la cara del fruto iluminada son más proclives) y hasta con ataques de insectos, pero es la temperatura mínima en el momento del cambio de color del fruto el factor más importante. Se ha evaluado hasta un 10% de reducción de pérdidas por cada grado de aumento de la temperatura mínima nocturna cuando ésta era de 13°C y el porcentaje de frutos afectados del 16%.

1.8. Referencias bibliográficas

- Agustí, M.; Reig, C. y Undurraga, P. (Eds.). 2006. *El cultivo del níspero japonés*. Gráf. Alcoy, España, 305 pp.
- Gariglio, N.; Castillo, A.; Juan, M.; Almela, V. y Agustí, M. 2002. *El Níspero Japonés. Técnicas para mejorar la calidad del fruto*. Generalitat Valenciana, Sèrie Divulgació Tècnica, n.º 52, 61 pàgs. Valencia, España.
- Lin, S.; Sharpe, R.H. y Janick, J. 1999. «Loquat: Botany and horticulture». *Horticultural Reviews*, 23:233-276.
- Martínez-Calvo, J.; Badenes, M.L. y Llácer, G. 2000. *Descripción de variedades de níspero japonés*. Generalitat Valenciana, Sèrie Divulgació Tècnica, n.º 46, 119 pàgs., Valencia, España.
- Martínez-Calvo, J.; Badenes, M.L.; Llácer, G.; Bleiholder, H.; Hack, H. y Meier U. 1999. «Phenological growth stages of loquat tree (*Eriobotrya japonica* (Tumb.) Lindl.)». *Ann. appl. Biol.*, 134:353-357.
- Rodríguez Pérez, A. 1983. *El cultivo del níspero y el Valle del Algar-Guadalest*, Soc. Coop. Créd. Callosa d'Ensarriá, España.

2. El caqui

Arbol originario de China, donde se inicia su cultivo, junto a Japón y Corea, en el siglo VIII. Hasta el siglo XIX no es conocido en el mundo occidental, llegando a EE.UU. en 1828 y a Italia, Francia y España en 1870; pero no es hasta finalizada la I Guerra Mundial que se expande su cultivo, sobre todo en Italia. Actualmente, además de los países citados también se cultiva en Israel y Nueva Zelanda.

En el mundo, según datos de FAOSTAT de 2002, se producen $2,3 \times 10^6$ t anuales de caqui. China, con $1,6 \times 10^6$ t, es la primera productora, seguida de la República de Corea y Japón, con 270×10^3 t cada uno. Brasil, Italia e Israel son, también, productores. En España se destinan a su cultivo unas 1.800 ha, que producen unas 23.000 t, repartidas en Andalucía (50%), la Comunidad Valenciana (45%) y Cataluña (5%).

Ragazzini (1985) ha revisado el cultivo de esta especie.

2.1. Características botánicas y agronómicas

El caqui, o kaki, *Diospyros kaki* L., pertenece al orden *Ebenales*, familia *Ebenaceae*. Es un árbol grande, de hasta 10-14 m de altura, y tronco vigoroso, de color grisáceo y con grietas, hojas grandes, ovales, densas, de color verde oscuro brillante y caducas.

Son plantas monoicas o dioicas, siendo más frecuente encontrar plantas con solo flores femeninas o dioicas. Arbol vigoroso, caducifolio, de porte globoso (Foto 17.3), con cierta tendencia a la verticalidad, y de ramas frágiles. Madera de color avellana y lisa, cuando es joven, y grisácea y agrietada, cuando es adulta. Hojas alternas, de peciolo corto, enteras, de forma oval, grandes y gruesas, de color verde oscuro y brillantes (Foto 17.3). Las flores se localizan en las axilas de las hojas de los brotes que se originan a partir de las yemas mixtas que han pasado el invierno en reposo. Estas yemas mixtas aparecen en brindillas y en ramos mixtos. Las flores masculinas poseen un receptáculo y una corola, en cuyo interior hay entre 16 y 24 estambres. Las flores femeninas son grandes, provistas de un pedúnculo largo, con cáliz de color verde-oliva, en forma de copa y con cuatro lóbulos redondeados; en el centro se sitúa la corola tubulosa, de color blanco-cremoso, con lóbulos enrollados sobre sí mismos para proteger al ovario (Foto 17.3), que queda visible en la antesis. Este es globoso, está unido a 4 estilos, bilobados, que se corresponden con 4 cavidades biloculares (Foto 17.3) y que terminan en estigmas estriados; su periodo de polinización eficaz es de unas 48 horas.

La fecundación en esta especie es heterógama, pero esencialmente entomófila, y aunque se recomienda la implantación de polinizadores (normalmente árboles de variedades de *D. kaki* con manifiesta formación de polen fértil) en la práctica se cultivan variedades partenocárpicas.



Foto 17.3. Árbol, hojas, flor y fruto de caqui.

El fruto es una baya, de origen sexual o partenocárpico. Su peso es variable con el cultivar, generalmente entre 250 y 300 g; su forma es globosa, lobulada, ligeramente puntiaguda; el color es amarillo-anaranjado y vira a rojo intenso en la madurez; su pulpa pegajosa y con 1-5 semillas cuando su origen es sexual. El caqui sufre una abscisión fisiológica de frutos que afecta al 30-40% de los que inician el crecimiento. Esta se produce en el mes de julio y dura hasta finales de agosto; a pesar de la intensidad del proceso, el árbol adapta el número de frutos a sus posibilidades de producción de modo que la cosecha y sus características (tamaño del fruto, época de maduración, características del fruto, etc.) se hallan autorreguladas.

García-Carbonell *et al.* (2002) han establecido la escala fenológica BBCH de esta especie.

En algunos cultivares, en el momento de la recolección, el elevado contenido en taninos del fruto le dan un sabor astringente que desaparece al mismo tiempo que madura; en éstos debe dejarse que el fruto sobremadure antes de consumirlo.

Actualmente existen técnicas capaces de degradar los taninos rápidamente, con lo que no es preciso esperar a la maduración completa de los frutos, y éstos, independientemente de su origen, pueden consumirse antes de que se reblandezcan sus tejidos (ver apt. 2.8).

El color y la astringencia son los caracteres de clasificación de cultivares en esta especie (Tabla 17.1).

TABLA 17.1
Clasificación de los caquis según sus características

Cultivares constantes a la fecundación (CF)

Los frutos tienen el mismo color de pulpa y son o no astringentes independientemente de la presencia de semillas:

- *Astringentes (CFA)*. Frutos comestibles tras la recolección o eliminando la astringencia artificialmente
- *No astringentes (CFNA)*. Frutos comestibles en la recolección

Cultivares variables a la fecundación (VF)

- *Astringentes (VFA)*. Frutos astringentes si están fecundados. Pulpa clara
 - *No astringentes (VFNA)*. Frutos no astringentes si están fecundados. Pulpa oscura
-

Las variedades más importantes y sus características, son las siguientes:

- *Fuyu*. El más cultivado en Japón. De productividad irregular, sus frutos son de tamaño medio, achatados, de sección circular, color amarillo-anaranjados en la recolección y rojo-anaranjado en la maduración, y pulpa no astringente (CFNA). Madura a mediados de octubre.
- *Kaki Tipo*. Muy cultivada en Italia y extendida en Cataluña. De elevada y constante productividad, sus frutos son de buen tamaño, globosos, ligeramente aplastados y de sección circular; pulpa de color rojo en la maduración, de buena calidad, sin fibras vasculares (VFNA).
- *Hachiya*. Es la variedad más cultivada en California (EE.UU.). De producción media e irregular, sobre todo si se cultiva sobre *D. lotus*; sus frutos son grandes, algo puntiagudos, de sección circular, de color amarillo-anaranjado y pulpa roja en plena madurez, de excelente calidad pero astringente (CFA).
- *Triumph*. También conocida como 'Sharon'. Ampliamente cultivado en Israel, también es la variedad más extendida en Andalucía. Productiva. Frutos de tamaño medio, aplastado y ligeramente acostillado (Foto 17.4). Pulpa de buena calidad (VFA). Sin semillas. Madura a finales de octubre.
- *Rojo Brillante*. Variedad autóctona de la Ribera del Xúquer (Valencia), de buena productividad. Fruto de buen tamaño, forma ligeramente alargada, color rojo intenso, excelente calidad, sin semillas y pulpa poco astringente (CFA) (Foto 17.4). Buen comportamiento poscosecha. Se recolecta a partir de mediados de septiembre. Se comercializa duro tras un tratamiento de de-astringentación.
- *Tomatero*. Ampliamente cultivada en la Comunidad Valenciana; presenta tendencia a la defoliación y al desprendimiento del fruto maduro, sobre todo

cuando el patrón es *D. lotus*. Fruto grande, de sección circular y pulpa de buena calidad pero astringente (CFA). Su recolección, en dos o tres pasadas, se inicia a principios de septiembre.

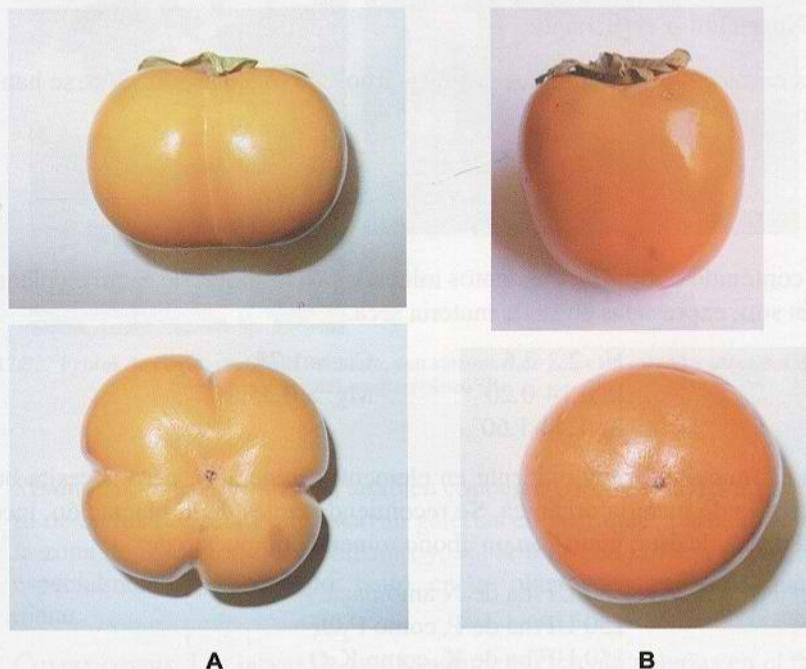


Foto 17.4. Frutos de caqui cv. 'Sharon ' o 'Triumph' (A) y 'Rojo Brillante' (B).

2.2. Adaptación ecológica

El caqui es una especie subtropical que se adapta bien a zonas templadas, hasta los 40° de latitud. Es árbol de hoja caduca y, por tanto, necesita frío en invierno, pero no es muy exigente en horas frío. Durante el reposo invernal puede soportar hasta -18° C sin daños y aunque las temperaturas ligeramente inferiores a 0° C pueden dañar sus hojas y flores, en las condiciones climáticas mediterráneas brota bastante tarde y las heladas primaverales no suelen afectarle.

Es resistente a la sequía, pero si la humedad del suelo no es la adecuada la productividad y la calidad de los frutos puede disminuir. Por el contrario, es muy sensible al viento, que puede dificultar su crecimiento y dañar los frutos, y al sol que lo daña produciendo una mancha oscura, grande, denominada golpe de sol (Foto 17.5A).

Se adapta bien a todo tipo de suelos, aunque los prefiere francos, profundos y ricos en materia orgánica. En suelos arenosos, los árboles pierden vigor y acusan el

déficit hídrico. En suelos arcillosos es necesario asegurar un buen drenaje para evitar daños de pudrición en las raíces. Los pH más adecuados para su cultivo son los comprendidos entre 5,5 y 6,5.

2.3. Nutrición. Fertilización

Las extracciones anuales del caqui (g/árbol) en plena producción, se han establecido en:

502 g de N	510 g de CaO
105 g de P_2O_5	100 g de MgO
440 g de K_2O	

El contenido óptimo en elementos minerales de las hojas de caqui en plena producción son, expresadas en % de materia seca:

N: 2,3-2,6	Ca: $\geq 1,75$
P: 0,14-0,20	Mg: $\geq 0,35$
K: 1,44-1,60	

No es un cultivo muy exigente en elementos minerales, pero necesita buenas aportaciones de materia orgánica. Se recomienda, antes de la plantación, incorporar 60-80 t/ha de ésta, junto con un abono mineral compuesto de:

80 UF/ha de N amoniacal
150 UF/ha de P, como P_2O_5
150 UF/ha de K, como K_2O
40 UF/ha de Mg, como MgO
80 UF/ha de Ca, como CaO

Estas cantidades se entierran con una labor profunda (50 cm) y se consideran suficientes hasta la entrada en producción de los árboles (4º año, aproximadamente). Si el vigor es muy elevado, se pueden incorporar cantidades adicionales de N.

A partir de la entrada en producción, se recomienda la aportación de 20 t/ha y año de estiércol cada tres años, y aportaciones anuales de 80-100 UF/ha de N, según el vigor de la planta, repartidas en 2/3, como nitrosulfato amónico, unos 20 días antes de la floración y 1/3, en forma de nitrato amónico, entre 20 y 25 días antes del cambio de color, 50 UF/ha de P_2O_5 y 70 UF/ha de K_2O antes del reposo vegetativo para favorecer la lignificación de los brotes; también se recomienda añadir unas 40 UF/ha de MgO cada 2 años.

2.4. Plagas

Las plagas más importantes del caqui son dos lepidópteros, una cochinilla y un díptero.



Foto 17.5. Frutos de caqui, cv. 'Rojo Brillante', con síntomas de *golpe de sol* (A) y atacados de mosca del mediterráneo (B).

- *Synanthedob tipuliformis* cl., también conocido como Sesia. Es un lepidóptero de larvas pequeñas que escavan galerías en las ramas, particularmente en la zona de inserción de las mismas y, sobre todo, en la zona del injerto. Es especialmente peligrosa, por tanto, en las plantas jóvenes a las que puede matar.
- *Cossus cossus*. Las larvas de este lepidóptero escavan galerías en el tronco y ramas que debilitan el árbol. Su lucha es mecánica, limpiando los orificios que producen con la ayuda de un alambre; también suelen emplearse sprays insecticidas y mastics para taponar el orificio.
- *Coccus persicae*. Es una cochinilla que ataca a órganos leñosos y vegetativos, debilitando a la planta, y a los frutos, cuya presencia deprecia su valor comercial. En la práctica apenas se presenta ya que es parasitada por un himenóptero, *Aphycus maculiformis*, que la controla con eficacia.
- *Ceratitis capitata*. Este díptero es una plaga que ataca a la práctica totalidad de las especies frutícolas. Al caqui lo ataca en etapas próximas a la recolección, realizando la puesta sobre cualquier punto de la superficie del fruto; éste cambia de color rápidamente, dejando como señal inequívoca de la puesta un punto pardo rodeado de una aureola negra (Foto 17.5B), se reblandece y cae.

En algunas zonas de cultivo se ha detectado la presencia de nematodos, en particular *Tylenchulus semipenetrans* C. y *Heterodera marioni*, detectables por la presencia de agallas en las raíces; provocan el debilitamiento del árbol y su muerte.

2.5. Enfermedades

Dos hongos y una bacteria constituyen las principales enfermedades de esta especie.

- *Podredumbre parda*, originada por el hongo *Botrytis cinerea*. Ataca a las plantas jóvenes en los viveros y a los órganos vegetativos y al fruto de las plantas en producción. En los órganos vegetativos origina pardeamientos y depresiones de la epidermis. En los frutos da lugar a gran cantidad de puntos negros sobre la superficie o grandes manchas oscuras, según su ataque se produzca durante la floración o en la maduración; puede producir su desprendimiento. Los fungicidas utilizados sólo son eficaces contra los daños a las hojas.
- *Podredumbre radicular*. Producida por el hongo *Armillaria mellea*, se caracteriza porque las raíces gruesas y la base del tronco presentan depresiones de la corteza, de color oscuro, fácilmente separables de la raíz y que esconden placas de micelio de color crema. Esta destrucción del tejido radicular provoca clorosis en las hojas, debilitamiento general del árbol y, tras varios años de ataque, su muerte. En este caso, las plantas deben arrancarse y quemarse, y el suelo debe ser desinfectado.
- *Chancro*. Es un tumor bacteriano producido por *Agrobacterium tumefaciens*, que ataca, sobre todo, a las plantas de vivero; la bacteria penetra a través de pequeñas heridas, en especial de las raíces, en las que origina tumores, en principio carnosos y más tarde leñosos, de superficie irregular y color pardo-oscuro. Provoca debilitamiento de la planta y decaimiento vegetativo que reducen la producción. No se conoce lucha eficaz.

2.6. Patrones

Los portainjertos más utilizados son *Diospyros kaki*, *D. virginiana* y *D. lotus*. Los dos primeros poseen una raíz pivotante y pocas raíces laterales, por lo que se hace necesario, en el momento del trasplante, despuntarlas para favorecer la formación de un buen sistema radicular. En general, sus semillas poseen largos periodos de latencia y es necesario estratificarlas en arena durante 30-60 días.

El *D. kaki* presenta problemas de arraigo en los viveros e incompatibilidad con algunos cultivares. El *D. virginiana* da lugar a plantas heterogéneas y produce rebrotes, lo que dificulta su cultivo en los viveros. El *D. lotus* imprime buena afinidad y uniformidad; es el más utilizado en Italia y en España.

Su comportamiento frente a las condiciones del medio, patógenos y producción se resumen en la tabla 17.2.

TABLA 17.2
Características de los principales patrones de caqui

Característica	<i>Diospyros kaki</i>	<i>Diospyros virginiana</i>	<i>Diospyros lotus</i>
<i>Condiciones del medio</i>			
Asfixia radical	S	Rm	Rm
Frío	MS	R	Rm
Sequía	MS	Rm	Rm
Humedad	MS	Rm	Rm
<i>Patógenos</i>			
Chancro	Rm	R	Rm
Nematodos	Rm	S	Rm
<i>Cultivo</i>			
Vigor	M	A	M
Entrada en producción	P	N	T
Productividad	A	A	A

S: Sensible; MS: Muy sensible; R: Resistente; Rm: Resistencia media; M: Medio; A: Alto/a; P: Pronto; N: Normal; T: Tarde.

Adaptado de Ragazzini, 1984.

2.7. Técnicas de cultivo

La **propagación** del caqui se hace, mayoritariamente, por semilla. El estaquillado es utilizado por el agricultor pero no por el viverista y la micropropagación todavía no es posible en esta especie. Para mantener la capacidad germinativa de las semillas, se conservan estratificadas en arena y la siembra debe hacerse en primavera dada la elevada sensibilidad de las plántulas al frío. El mayor problema durante este proceso lo presenta el trasplante, ya que las raíces son muy sensibles a la rotura; debe regarse el suelo antes de efectuarlo. Actualmente, se siembran las semillas en alveolos y se replica la plántula junto con el sustrato de germinación.

El **injerto** se realiza cuando las plantas están en reposo o al inicio de su actividad vegetativa. Se injertan yemas de ramos de un año, o los propios ramos, de plantas sanas y bien lignificadas; el material se toma durante el reposo y se conserva en cámaras a baja temperatura. Se realiza a 15-20 cm del suelo, llegando a los 70 cm en las zonas frías. El injerto de púa, de hendidura diametral, es el más utilizado, con un índice medio de éxito de 90-95%.

La **forma de conducción** del árbol más empleada en España es la piramidal de eje central, con 3-4 pisos hasta una altura de 3-4 m; en otros países se emplea el vaso francés o la palmeta. La **poda de fructificación** se realiza sobre los ramos del año, favoreciendo la renovación y aclarando las formaciones fructíferas de un año (de 10 a 30 cm de longitud) sin despuntarlas; los ramos vigorosos se rebajan a 30-40 cm para favorecer la formación de ramos fructíferos. La **poda de mantenimiento** se limita a eliminar chupones, ramas que se entrecruzan o se secan, y a evitar que adquieran excesiva longitud para facilitar las labores de cultivo.

El caqui es una especie que tolera bien la sequía, a pesar de lo cual la producción y la calidad de sus frutos mejoran con el **riego**. Aunque se tienen pocos conocimientos sobre sus necesidades de agua, la aportación en riego localizado de 20 l/planta y día, en dos turnos, de mañana y tarde, desde la brotación hasta la maduración del fruto, mejoran sensiblemente aquellas.

La **recolección** se lleva a cabo manualmente, con la ayuda de escaleras, y en diversos pases, a medida que los frutos maduran. Para facilitarla se emplean pequeños tractores con remolque que transportan el fruto.

2.8. Técnicas poscosecha

Las exigencias del mercado pueden aconsejar una recolección precoz del fruto; en este caso, se procede a su maduración forzada con etileno. Para ello se utilizan cámaras estancas, de 12.000-20.000 kg de capacidad y que aseguren la distribución uniforme de las condiciones de maduración. La mejor combinación de éstas es la de una atmósfera con un contenido de 5% de O₂, una concentración de CO₂ < 1%, una concentración de 2% de etileno y una tª de 21° C durante 24-36 h y, posteriormente, de 15° C durante otras 6 h, hasta alcanzar la coloración total.

Dentro de una estrategia comercial del cultivo, la maduración puede anticiparse en el campo mediante tratamientos precoces (al inicio de la fase de expansión celular) con auxinas de síntesis o mediante el rayado de ramas, o tardíos (en etapas próximas al cambio de color) con sustancias liberadoras de etileno, o retardarse con la utilización de ácido giberélico (10 mg l⁻¹) o nitrato cálcico (2%), 25 días antes del cambio de color.

En otros casos, interesa recolectar el fruto maduro y conservarlo en perfectas condiciones hasta que el mercado mejore su oferta. El almacenamiento a baja temperatura, entre -1° C y +1° C, permite conservar los caquis entre 2 y 4 meses.

Pero el problema más grave es la eliminación de la astringencia. Aunque la maduración forzada con etileno la reduce, lleva aparejado un reblandecimiento de los tejidos que reduce la resistencia del fruto a su manipulado y transporte. Para evitar esto se ha desarrollado una técnica que permite recolectar el fruto al cambio de color y comercializarlo cuando está duro y presenta mejores condiciones de resistencia. Consiste en someter al fruto a una atmósfera de 5.000 ppm de etanol, con una HR del 90% y una tª 20° C, durante 2-4 días; a continuación se almacena el fruto a 5° C durante 24-48 h y puede ser comercializado inmediatamente. El equipo está compuesto de un vaporizador y un analizador-controlador en funcionamiento permanente y automático durante el tratamiento.

La comercialización del caqui, como la de otros frutos, se rige por normas dictadas por la UE. El fruto se clasifica en categorías en función de su tamaño, forma, color, presencia de alteraciones, etc. Los frutos de Ø < 18 mm no pueden ser comercializados.

Además de su consumo en fresco, el caqui se consume también seco. Para ello se cortan en rodajas de 8 mm de espesor y se ponen a deshidratar en cámaras de aire forzado a 40° C hasta reducir su contenido en agua al 20%; el proceso dura 18 h y da lugar a rodajas de 3 mm de espesor, dulces, no astringentes y que conservan, parcialmente, el gusto y aroma iniciales.

2.9. Referencias bibliográficas

- García-Carbonell, S.; Yagüe, B.; Bleiholder, H.; Hack, H.; Meier, U. y Agustí, M. 2002. «Phenological growth stages of the persimmon tree (*Diospyros kaki*)». *Ann. app. Biol.*, 141:73-76.
- Ragazzini, D. 1985. *El Kaki*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.

3. La higuera

La higuera es una planta originaria de Asia Occidental, desde donde se extendió, a través de Siria, a toda la Cuenca Mediterránea. Su presencia en Francia, España y la costa norte de Africa, se estima desde principios del siglo XIII a.C.

La mayor superficie destinada a su cultivo se encuentra en los países mediterráneos, siendo Irán, EE.UU. y Brasil sus únicos competidores destacables. En 2002, según FAOSTAT, Turquía, con 255×10^3 t anuales, fue la primera productora, seguida de Egipto (190×10^3 t). España, con una superficie de 20.000 ha dedicada a su cultivo, produjo unas 63.000 t, siendo las Islas Baleares (45%), Extremadura (20%), Andalucía (10%) y la Comunidad Valenciana (5%) las principales áreas de producción. Grecia (80.000 t), Italia (25.000 t) y Portugal (15.000 t), son los países de la UE, junto con España, productores de higos.

El cultivo de esta especie puede revisarse, con amplitud, en las obras de Estelrich (1910), Flores (1990) y Roselló *et al.* (1996).

3.1. Características botánicas y agronómicas

La higuera, *Ficus carica* L., es una planta leñosa, de gran tamaño, dicotiledónea, perteneciente al orden *Urticales*, familia *Moraceae*, subfamilia *Hamamelidae*. Como en todas las moráceas, sus partes verdes contienen látex.

Arbol caducifolio, de vida muy larga, puede alcanzar los 8-10 m de altura (Foto 17.6), aunque en cultivo apenas supera los 5 m. Su sistema radicular es fasciculado, con raíces fibrosas, abultadas, superficiales y muy robustas y extensas. Tronco retorcido, de corteza lisa y color ceniza, muy ramificado y de madera poco densa. Las hojas son grandes, coriáceas, alternas, con grandes estípulas y un peciolo largo y grueso; profundamente lobuladas, con 3-7 lóbulos, de haz verde intenso, áspero, y envés de color más claro y nervios muy marcados (Foto 17.6). Yemas grandes y muy puntiagudas (Foto 17.6).

Las flores de la higuera se hallan organizadas en inflorescencias carnosas que las engloban y encierran y que poseen una única salida al exterior, el poro distal, próximas al cual se insertan las flores masculinas (Foto 17.6). Estas poseen tres sépalos y tres estambres, las femeninas tienen 5 pétalos, un estilo, dos estigmas de tamaño desigual y un solo carpelo. El ovario es súpero.



Foto 17.6. Arbol, hoja, yema y fruto de higuera.

Pero la higuera, originariamente monoica, ha evolucionado a dioica, ya que las flores masculinas de un grupo han desaparecido por aborto bajo la influencia del cultivo, y las femeninas de otro se han transformado en agallas fértiles con el fin de adaptarse a las exigencias del himenóptero *Blastophaga psenes*, con quien adquiere una perfecta simbiosis; así, mientras las agallas constituyen recinto ideal para el desarrollo del insecto, éste poliniza las flores femeninas al introducirse en la inflorescencia para reiniciar el ciclo; dicha polinización recibe el nombre de *caprificación*. Algunas higueras poseen flores masculinas y flores femeninas de estilo y estigmas cortos (*agallas*) y reciben el nombre de *cabrahigo*; los receptáculos de sus flores femeninas se mantienen fibrosos y no sirven para el consumo. Otras sólo poseen flores femeninas de estilo y estigmas largos, que dan lugar a frutos comestibles; son las *higueras cultivadas*. En éstas se distinguen dos grupos: las tipo *Esmirna*, cuyas flores femeninas necesitan ser fecundadas, y las *comunes*, de desarrollo partenocárpico.

Los *cabrahigos* producen tres generaciones de frutos: los de la primera maduran en abril y se denominan *mamas*, los de la segunda en junio, y se llaman *prohi-*

gos, y los de la tercera, que maduran en agosto, reciben el nombre de *mamonas*. Las higueras tipo *Esmirna* sólo producen una cosecha (uníferas), en agosto-septiembre, cuyos frutos se denominan higos. Las higueras *comunes*, son *bíferas* o *reflorecientes*, es decir, dan dos generaciones de frutos, una en junio (*brevas*, *baco-res*), muy apreciada por su época de maduración, y otra en agosto-septiembre (*higos*). En este último caso, los higos son los frutos originados sobre la madera del año, mientras que las brevas son frutos originados el año anterior y que pasan el invierno sobre el árbol, continuando su desarrollo con la entrada en vegetación, madurando rápidamente y siendo recolectados al final de la primavera. En verano, por tanto, es posible ver las brevas, maduras, en las axilas de las hojas más viejas, los higos en las axilas de las hojas del año y los botones florales de la próxima generación de brevas, latentes hasta la primavera siguiente, en las axilas de las hojas más jóvenes de los mismos brotes (Foto 17.7).



Foto 17.7. Durante la primavera se desarrollan las *brevas* o frutos formados el año anterior (A) y en verano, cuando maduran, son visibles en las axilas de la madera más vieja junto con los *higos* o frutos del año, verdes y en la madera más joven (B). Los botones florales (C), que darán lugar a las *brevas* del año siguiente, son visibles junto con los *higos* (D).

Las infrutescencias, localizadas en las axilas de las hojas, se denominan *siconos* y están constituidas por un pedúnculo y un receptáculo, de forma y color variables, carnosos y dulces, comestibles, y cuyo interior contiene los frutos. Estos son *aqueños* de pequeño tamaño y con un periantio carnosos y dulce.

Las **variedades** de higuera se clasifican atendiendo a diferentes criterios, tales como la forma, el color,... De todos ellos, la forma es, aparentemente, el criterio

más estable y sirvió para la clasificación de Estelrich (1910), que todavía hoy es la más extendida. En la tabla 17.3. se presenta la clasificación de variedades de acuerdo con ello.

TABLA 17.3
Criterios y clasificación de las variedades de higuera

Tipo de flor	Forma	Color	Epoca de maduración
Cabrahigos	Apeonzadas	Blancas	Muy precoces (10.VIII)
Comuna	Ovales	Verdes	Precoces (20.VIII)
De Esmirna	Aperadas	Moradas	Precocidad media (30.VIII)
	Cónicas	Rojizas	Tardías (Sept.)
	Esféricas	Negras	De invierno (Oct.)
	Aplastadas		

El número de variedades de higuera es enorme. Solamente en el Mediterráneo español, y de acuerdo con la clasificación de Estelrich (1910), Roselló *et al.* (1996) registran 147; de ellas, además, 61 tienen sinónimos, dependiendo de la zona de cultivo; referir con precisión todas las que se cultivan resulta, por tanto, muy difícil. Las características más sobresalientes pero sólo de las variedades más extendidas en España, se revisan a continuación. Todas ellas son de desarrollo partenocárpico.

- *Burjassot* o *Bordissot Blanca*. Arbol vigoroso. Fruto apeonzado, blanco, de precocidad media, de ≈ 40 g de peso, blando, de piel delgada y áspera, de fácil desprendimiento, y muy dulce y jugoso. Consumo en fresco y seco.
- *Verdal*. Arbol de vigor medio. Fruto apeonzado, verde, de precocidad media, de ≈ 20 g de peso, duro, de piel medianamente gruesa y algo áspera, de difícil desprendimiento y poco dulce. Se consume seco.
- *Coll de Dama Blanca*. Arbol de buen vigor. Fruto aperado, verde (Foto 17.8), de maduración tardía, de ≈ 30 g de peso, duro, de piel medianamente gruesa y textura fina, de fácil desprendimiento y dulce. Se consume en fresco.
- *Coll de Dama Negra*. Arbol de buen vigor. Fruto aperado, negro, de maduración tardía, de ≈ 35 g de peso, duro, de piel gruesa y textura fina, de fácil desprendimiento y dulce. Se consume en fresco (Foto 17.8).
- *Napolitana*. Arbol de gran vigor. Fruto apeonzado-aperado, morado, de maduración precoz, de ≈ 40 g de peso, firme, de piel delgada y fina, de difícil desprendimiento y dulce. Se consume en fresco y seco.
- *Colar*. Arbol vigoroso. Fruto aperado, negro (Foto 17.8), de maduración precoz, de ≈ 40 g de peso, firme, de piel delgada y textura fina, de difícil desprendimiento y dulce. Se consume en fresco y seco.

- **Nazaret.** Arbol de gran vigor. Fruto apeonzado, verde (Foto 17.8), muy precoz, de ≈ 35 g de peso, firme, de piel delgada y fina, de difícil desprendimiento y dulce. Se consume en fresco y seco.

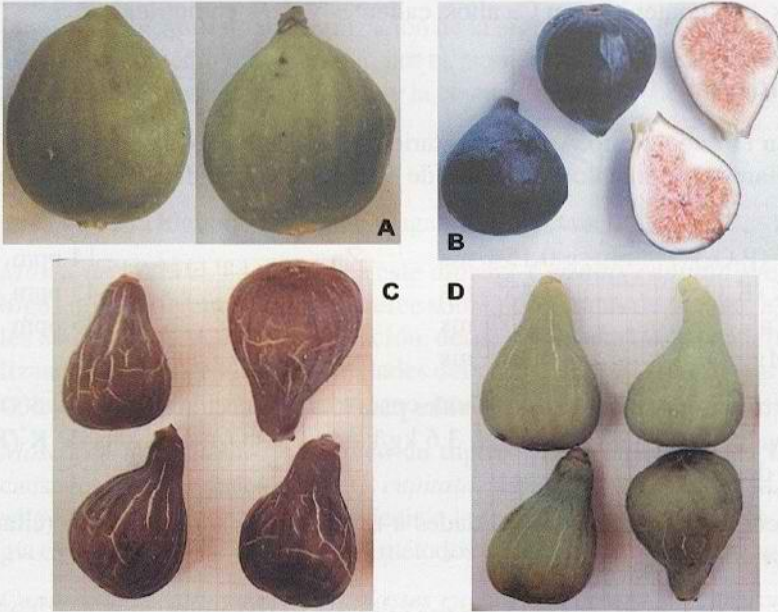


Foto 17.8. Frutos de higuera, cvs. 'Nazaret' (A), 'Colar' (B), 'Coll de Dama Negra' (C) y 'Coll de Dama Blanca' (D) (Fotos A y B: Valdés *et al.*, *CV Agraria*, 14: 43-46; Fotos C y D: Roselló *et al.*, 1996)

3.2. Adaptación ecológica

El clima ideal para la higuera es el mediterráneo. Los límites térmicos de esta especie son -12°C , en que tienen lugar la muerte del árbol, y -6°C en que mueren las infrutescencias. Sus necesidades de calor acumulado son de 2.200°C para la maduración de las brevas y entre 3.500°C y 4.000°C para la de higos. Las necesidades de frío para salir del reposo son de 100-300 horas frío. Con las limitaciones térmicas señaladas, la higuera se desarrolla entre el nivel del mar y los 1.200 m de altitud.

Es poco exigente en agua y le basta una pluviometría de 600-700 mm/año para un cultivo óptimo. En las zonas en que su cultivo es en regadío se establecen dos épocas de riego: antes de la recolección (abril-mayo), con el fin de preparar al árbol para su desarrollo vegetativo y acelerar la maduración del frutos (brevas), y en verano (hasta finales de julio-principios de agosto), con los mismos fines.

Presenta una resistencia media a la salinidad; para una conductividad eléctrica del agua de 3,7 dS/m o del suelo de 5,5 dS/m, se pierde el 25% de la cosecha, y

puede resistir conductividades eléctricas de 2,6 dS/m y 3,8 dS/m, respectivamente, sin pérdida apreciable de frutos.

La higuera se adapta bien a todo tipo de suelos, excepto los pantanosos o muy húmedos. Pero vegeta mejor en suelos profundos, que retengan bien la humedad, calcáreos, con contenidos en Ca altos, calientes y ricos en nutrientes.

3.3. Nutrición y fertilización

Según el Laboratorio Agroalimentario de la Generalitat Valenciana, los contenidos foliares en elementos minerales de esta especie a mediados de julio son:

N	2,70% ms	Fe	90 ppm
P (P_2O_5)	0,15% ms	Zn	14 ppm
K (K_2O)	1,45% ms	Mn	45 ppm
Ca	4,40% ms	Cu	25 ppm
Mg	0,90% ms		

La extracción de elementos minerales para una producción media de 4.500 kg/ha, se han evaluado en 12 kg/ha de N, 3,6 kg/ha de P (P_2O_5), 13 kg/ha de K (K_2O) y 11 kg/ha de Ca.

De acuerdo con ello, las cantidades a restituir son, según Tamaro (citado por Roselló *et al.*, 1996):

N	13 UF/ha y año
P (P_2O_5)	5,5 UF/ha y año
K (K_2O)	15 UF/ha y año

Sin embargo, Flores (1989) aconseja, para la producción de frutos frescos:

N	50 UF/ha y año
P (P_2O_5)	144 UF/ha y año
K (K_2O)	115 UF/ha y año

y en la fertirrigación de plantaciones intensivas:

a) en el primer período de riegos (abril-mayo):

N	10 UF/ha y año
P (P_2O_5)	50 UF/ha y año
K (K_2O)	75 UF/ha y año
Ca	30 UF/ha y año
Mg	15 UF/ha y año

b) en el segundo periodo de riegos (julio-septiembre):

N	50 UF/ha y año
P (P_2O_5)	50 UF/ha y año

K (K_2O) 50 UF/ha y año

Ca 10 UF/ha y año

Se aconseja, en todos los casos, completar la fertilización anual con 10 t/ha de estiércol cada 2-3 años.

A la vista de lo expuesto, la fertilización de la higuera presenta importantes deficiencias de conocimiento que impiden, por el momento, diseñar programas de abonado adecuados. Todavía la experiencia y la costumbre rigen esta práctica cultural.

3.4. Plagas

El cultivo de la higuera posee tres plagas de importancia:

- *Mosca de la fruta*. La acción de este díptero, *Ceratitis capitata* Weid, en los higos no es diferente de la que ejerce sobre otras frutas de verano; a los higos les atacan la 2ª, 3ª, 4ª y 5ª generación, desde primavera hasta septiembre, realizando la puesta en las proximidades del poro distal del fruto, desarrollándose las larvas en el interior del sicono, pudriéndolo.
- *Mosca de la higuera*. Es también un díptero, *Lonchaea aristella* Beck, que causa los mismos daños que la *C. capitata*, si bien es específica de la higuera y sólo la afecta a partir de julio, es decir, a la segunda cosecha de higos. Su biología es similar a la de aquella y los métodos de lucha contra ella son los mismos.
- *Caparreta de la higuera* (*Ceroplastes rusci*). Es la plaga más frecuente de la higuera, sobre la que produce un debilitamiento generalizado. La cantidad de melaza que produce es parasitada por el hongo negrilla, que deprecia comercialmente el fruto. Posee un enemigo natural, *Scutellista cyanea*, que, prácticamente, controla la plaga; cuando no es así, se recomienda el control químico.

Otras plagas, como el barrenillo (*Hypoborus ficus*) y la oruga de las hojas (*Simaethis pariana*), propias de esta planta, apenas tienen importancia económica.

3.5. Enfermedades

- *Podredumbre de la raíz*. Ocasionada por los hongos *Armillaria mellea* y *Rosellinia necatrix*, alteran inicialmente el transporte xilemático, reduciendo el crecimiento de los brotes y debilitando las hojas, que pierden color, y provocan, finalmente, el colapso generalizado del árbol. La eliminación y quema de ramas infestadas es el mejor método, preventivo, de lucha.
- *Alternaria*. El hongo *Alternaria solani* ataca sobre todo a las hojas, sobre las que produce unas manchas amarillas, pequeñas, que se necrosan y acaban provocando su caída. Los higos pueden presentar zonas deprimidas de color terroso. La cuantía de la cosecha y la calidad de los frutos se ven sensiblemente reducidas.

- **Mosaico de la higuera.** Se trata de una virosis muy extendida en este cultivo. Las hojas de los árboles atacados son más pequeñas, a veces con deformaciones asimétricas y con manchas circulares como de aceite fácilmente visibles al contraluz. Aunque provoca una reducción del crecimiento, no parece afectar al rendimiento. La calidad del fruto, sin embargo, sí se ve reducida, ya que produce manchas cloróticas y costras resacas sobre su piel. El virus se transmite por un eriófido, *Acerya ficus*, y mecánicamente. Su control es indirecto, utilizando material sano, desinfectando las herramientas de poda, injerto,... con hipoclorito sódico y luchando contra el vector.

3.6. Prácticas culturales

Los **marcos de plantación** recomendados para la higuera son de 9×9 m, para su cultivo en secano, y de $6-7 \times 6-7$ m, para regadío. La entrada en producción es a partir del 4°-5° año.

La **poda de formación** se basa en la obtención de un vaso bajo. Se deja un tronco, de altura entre 0,80 (tronco bajo), 1-1,20 m (tronco a media altura) y 1,20-1,60 m (tronco alto), del que surgen 3 brotes, que constituirán las ramas principales. En plantaciones intensivas (6×6 m ó 7×7 m), el vaso debe abrirse a una altura de 1-1,20 m, y evitar que se entrecrucen las ramas principales o que se orienten hacia el interior de la copa. La **poda de fructificación**, que se realiza en diciembre-enero, es muy poco severa y está basada en el interés de la época de comercialización: si es muy ligera se favorece la producción de brevas que, además, maduran todas a la vez, pero se perjudica la producción de higos de segunda cosecha; si es intensa se escalona mucho la recolección hasta bien entrado el otoño, con la consiguiente pérdida de precocidad y, sobre todo, de calidad del fruto. Alternativamente, en algunos casos, se realiza un pinzamiento en verde, antes del verano, de las yemas terminales de los brotes fructíferos, lo que adelanta la cosecha de brevas e induce la formación de botones florales de higos, en las higueras bíferas, y activa el crecimiento y maduración de los higos de otoño, en las higueras uníferas; a ésta se le denomina **poda de Rivers**, y se recomienda en zonas en las que la sequía estival no impide el crecimiento de brotes. En algunos casos se despuntan las yemas terminales de $1/3$ - $1/2$ de las ramas al inicio de la brotación, eliminando a los pocos días la totalidad de las yemas axilares que desborran en madera, conservando dos de ellas en la base de cada rama. Las brevas, normalmente situadas en el extremo de las ramas, aumentan significativamente de tamaño con esta poda que recibe el nombre de **poda Argenteuil**. La **poda de rejuvenecimiento**, recomendada en higueras viejas o decrépitas, se lleva a cabo cortando el tronco a ras de tierra, e inclusive por debajo del nivel de ésta para colgarlo unos centímetros, con el fin de forzar la emisión de brotes que, en este caso, es muy rápido. A veces, cuando el árbol no es muy viejo, se corta a una altura variable sobre el ras de suelo; en este caso la emisión de brotes es más lenta y puede provocar desequilibrios en el desarrollo. En ambos casos, el corte debe ser protegido con alguna sustancia desinfectante y cicatrizadora.

La mayor sensibilidad de la higuera al agua se presenta durante la fase de división celular de los siconos (abril), mientras que la mayor demanda coincide con la época de engrosamiento del fruto (junio). En las condiciones climáticas mediterráneas, el **riego** de una plantación adulta en plena producción requiere entre 5.000 y 7.000 m³/ha y año de agua, intensificado en dos periodos: abril-mayo y julio-agosto. En el primero se prepara el árbol para el desarrollo vegetativo y se acelera la maduración de las brevas; con el segundo se favorece la maduración de los higos y se facilita el crecimiento vegetativo.

En la higuera se practican labores tendentes a anticipar la maduración de los frutos. La más extendida es la conocida como **untado**, consistente en tapar el poro distal del sicono con una gota de aceite en el momento en que la infrutescencia inicia la apertura de las brácteas; con ello se impide la salida del etileno que se produce en el interior, como consecuencia de la maduración de los frutos, aumentando su concentración y acelerando el proceso. El untado debe efectuarse en el momento en que los achenios comienzan a virar a color rojo; una anticipación provoca la abscisión del fruto y un retraso reblandece el fruto y reduce su calidad. Atravesar el pedúnculo del sicono con una aguja también anticipa la maduración, ya que la herida provoca la síntesis de etileno. Finalmente, la aplicación de ethephon y auxinas de síntesis se ha mostrado eficaz para estos fines.

Aunque la casi totalidad de las higueras cultivadas en España son partenocárpicas, existen algunas, las de tipo Esmirna, que poseen solamente flores femeninas, pero no partenocárpicas. En estos casos se hace necesario su **caprificación**, bien intercalando cabrahigos entre la plantación, bien llevando a ésta ramas fructíferas de otra con el insecto *B. psenes* (ver apt. 7.1).

3.7. Referencias bibliográficas

- Estelrich, P. 1910. *La higuera y su cultivo en España*. Ed. Librería Escolar, Ciutat de Mallorca, España.
- Flores, A. 1990. *La higuera*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Rosselló, J.; Rallo, J. y Sacrés, J. 1996. *Les figueres mallorquines*. Fundació Illes Balears, Ciutat de Mallorca, España.

4. El granado

El origen del granado es, probablemente, el Oriente Próximo, con núcleos de difusión como Asia Menor, Irán, Georgia, Pakistán, Grecia y Cachemira. Su existencia es conocida desde a.C. y fue cultivado por fenicios, griegos, árabes y romanos. En el Ägyptisches Museum und Papyrussammlung de Berlín, pueden verse tres granadas de la época de la 18 dinastía egipcia que datan de 1470 a.C.

Actualmente, el granado se cultiva en toda la Cuenca Mediterránea, Arabia, Irán, Afganistán y EE.UU. (California). En España se cultivan alrededor de 2.900 ha, de

las que el 90% se encuentran en las provincias de Alicante y Murcia. El rendimiento anual de esta superficie es de 34.000 t; el 50%, aproximadamente, de la producción se exporta, siendo Francia, el Reino Unido e Italia los principales países de destino. Zuang *et al.* (1992) han revisado el estudio de esta especie y Melgarejo y Martínez-Valero (1992) y Melgarejo y Salazar (2003) actualizaron las técnicas de cultivo en nuestro país.

4.1. Características botánicas y clasificación agronómica

El granado, *Punica granatum* L., es una planta dicotiledónea perteneciente al Orden *Mirtales*, familia *Punicaceae*.

Es un arbusto caducifolio que alcanza hasta 6 m de altura. Su **raíz** es superficial, nudosa, fuerte, de color rojizo y alcanza gran desarrollo. Durante su período juvenil tiende a desarrollar numerosos **tallos** que, según el área de cultivo, son eliminados hasta dejar uno o varios troncos. Estos son de sección circular, con tendencia a emitir chupones, que reducen su porte, y de corteza de color gris que, con la edad, se agrieta. Sus ramas, alternas y abiertas, son de porte llorón, de grosor medio y, en ocasiones, con espinas terminales (Foto 17.9).

Las **yemas** del granado son de tipo determinado, vegetativas o mixtas. Las **hojas** son opuestas, enteras, lisas, sin estípulas, de 2-5 cm de longitud y 1-3 cm de anchura y con peciolos cortos (Foto 17.9). Las **flores**, solitarias o en grupos de hasta siete, se sitúan en los ramos mixtos, en posición axilar y/o coronándolos, y/o en ramos anticipados; poseen el tálamo en forma de peonza y entre 5 y 9 pétalos y sépalos, ambos de color rojo y alternantes (Foto 17.9); son hermafroditas, con más de 300 estambres, agrupados en varios pisos insertos en el cáliz, de filamentos rojizos y anteras amarillas, y ocho carpelos dispuestos en dos planos superpuestos. El **fruto**, denominado *balausta*, es una baya globosa coronada por el cáliz, carnoso y persistente (Foto 17.9), de corteza gruesa y de color rojizo, formada por varias cavidades polispermas, separadas por membranas (Foto 17.10). Las **semillas**, que rellenan completamente las cavidades, son voluminosas y poseen bien desarrollada la capa externa de la testa, de color rosáceo casi transparente y comestible, mientras que la capa interna está lignificada (Foto 17.10). Posee importantes propiedades medicinales y se utiliza como astringente y para combatir el colesterol y la arteriosclerosis.

La yema terminal de los ramos del año, si no origina una flor o racimo de flores, se seca y cae o desarrolla una espina (Foto 17.9), de modo que la brotación siguiente se origina a partir de las yemas proximales al ápice. La brotación es escalonada, floreciendo entre abril y mayo, prolongándose hasta principios de julio en la Cuenca Mediterránea. Los frutos son no climatéricos y se recolectan a los 5-7 meses de la floración, de principios de septiembre a principios de noviembre, dependiendo de la variedad y de las condiciones climáticas.



Foto 17.9. Arbol, hojas, flores y frutos de granado.

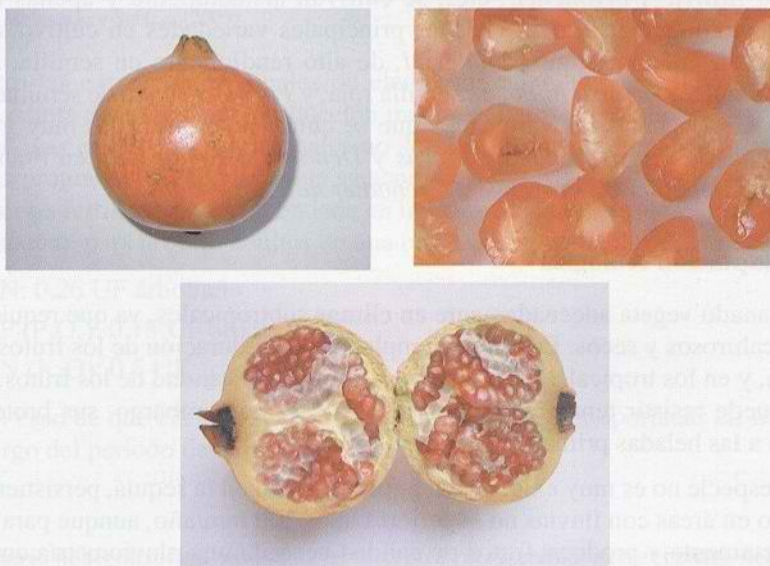


Foto 17.10. Fruto de granado mostrando el cáliz carnoso, las membranas, blancas, de las cavidades que albergan las semillas y el engrosamiento de la testa de éstas que constituye la parte comestible del fruto.

Melgarejo *et al.* (1997) han adaptado la escala BBCH a la descripción de los estados fenológicos del granado.

Las **variedades** de granado en cultivo son muy numerosas y, sin embargo, se carece de una clasificación tipificada de las mismas que no sea la de grupos de características similares y la de su época de recolección. De estos grupos de variedades población, los más importantes cultivados en España son:

- *Mollar de Elx*. Es la más importante, representando el 95%, aproximadamente, del total de las cultivadas. Fruto de tamaño medio a grande (262 g), con un rendimiento en semillas del 73%, y un 95% de parte comestible por semilla. Se recolecta entre septiembre y noviembre.
- *Mollar valenciana*. Fruto de tamaño grande (250 g), con un alto rendimiento en semilla de más del 90% de parte comestible. Entre 15 y 20 días más precoz que la 'Mollar de Elx'.
- *San Felipe*. Fruto de tamaño medio (180 g), con un rendimiento en semillas del 70%, y un 92% de parte comestible por semilla. Se recolecta en septiembre.
- *Cajín*. Fruto de tamaño grande (350 g), de sabor agridulce, con un rendimiento en semillas del 65%, y un 90% de parte comestible por semilla. Se recolecta en octubre. Presenta interés como patrón.

Otras variedades como *Albar*, *Amarga*, *Blanca*, *De Malta*, *Dulce Colorado*, *Gorda de Xàtiva*, *Pinyonenca*, etc., se cultivan aisladamente y apenas tienen importancia comercial. En EE.UU. las principales variedades en cultivo son de fruto de gran tamaño, como *Wonderful*, de alto rendimiento en semilla, *Paper Shell*, muy dulce, *Spanish Ruby*, de semilla roja, y *Purple Seeded*, de semillas muy rojas. En Grecia todas las variedades que se cultivan son de fruto muy grande, como *Douce de Patras*, *Acide de Patras* y *Denagra* o *Tanagra*. Y en Francia se cultivan la *Grenadier de Provence* y *Grenadier de Jaffa*.

4.2. Adaptación ecológica

El granado vegeta adecuadamente en **climas** subtropicales, ya que requiere de veranos calurosos y secos. En climas templados, la maduración de los frutos no se completa, y en los tropicales el exceso de HR reduce la calidad de los frutos. En el reposo puede resistir temperaturas de hasta -15°C ; sin embargo, sus brotes son sensibles a las heladas primaverales.

Esta especie no es muy exigente en **agua**; resiste bien la sequía, persistiendo su desarrollo en áreas con lluvias no superiores a los 200 mm/año, aunque para vegetar correctamente y producir frutos de calidad necesita una pluviometría anual de unos 500-700 mm. Asimismo, es resistente a la salinidad, tolerando aguas de 5 dS/m sin efectos negativos.

El granado se adapta a un amplio rango de tipos de **suelo**, aunque su mejor desarrollo se da en suelos profundos, frescos y ligeramente arcillosos, tolerando los drenajes deficientes. Además, se adapta bien a suelos con elevados contenidos en caliza activa. Su resistencia a la sequía, salinidad, asfixia radicular y clorosis férrica, así

como a las bajas temperaturas invernales, hace que esta especie se pueda cultivar en terrenos marginales en los que es difícil adaptar las especies frutales más tradicionales.

4.3. Nutrición. Fertilización

Los contenidos foliares en elementos minerales del granado han sido estudiados por Melgarejo y Salazar (2003) y se resumen a continuación (Tabla 17.4). Los valores corresponden a árboles de elevada producción de un clon de la variedad población 'Mollar de Elx', por lo que sólo tienen un valor indicativo.

TABLA 17.4

Contenidos foliares óptimos en elementos minerales del granado

Macronutrientes (%)		Micronutrientes (ppm)	
N	1,34-1,76	Fe	49-118
P	0,11-0,15	Zn	2-5
K	0,55-0,69	Mn	25-47
Ca	0,66-1,55	Cu	10-16
Mg	0,29-0,37	B	11-14
		Na	208-277

Fuente: Melgarejo y Salazar (2003).

Pero las extracciones anuales de elementos minerales que lleva a cabo una planta adulta de granado de producción media no han sido estudiadas y, por consiguiente, sus exigencias nutricionales no son conocidas con precisión. Es por ello que los programas de abonado que se aconsejan son fruto del empirismo y la costumbre. La fertilización recomendada en la Vega Baja del Segura (Alicante y Murcia, España), para árboles adultos de una producción media de 50 kg, es:

- N: 0,26 UF árbol/año.
- P (P_2O_5): 0,18 UF árbol/año.
- N (K_2O): 0,5 UF árbol/año.

y en el caso de que el riego sea por inundación, deben ser aportadas en tres etapas a lo largo del periodo de cultivo (Tabla 17.5).

TABLA 17.5

Calendario de fertilización y dosis de fertilizantes recomendados en el cultivo del granado. Cantidades expresadas en kg/árbol

	Primer riego	Inicio de la floración	Julio
Sulfato amónico (21% N)	0,5	0,75	—
Superfosfato de cal (18% P_2O_5)	0,5	—	0,5
Sulfato potásico (50% K_2O)	0,5	—	0,5

Fuente: Melgarejo y Martínez-Valero (1992).

En California (EE.UU.) se recomiendan aportaciones anuales de 200 a 450 g de N para un árbol adulto y se señala la aparición ocasional de deficiencias de Zn. En España también se ha señalado esta deficiencia, así como la de Mn. La aplicación foliar de ambos elementos minerales, en forma de sulfato, durante el verano, las corrige eficazmente.

Todos los autores son coincidentes en indicar que un exceso o un retraso de la fertilización nitrogenada retarda la entrada en color del fruto que, además, no alcanza su color característico y reduce su calidad.

4.4. Plagas

No son muchas las plagas que afectan a este cultivo. Las más importantes, junto con los daños que producen, se resumen a continuación.

- *Barrenador* (*Zeuzera pyrina* L.). Sus orugas escavan galerías circulares por la madera del tronco y ramas viejas y jóvenes. El árbol se debilita y reduce su producción y la calidad de sus frutos; si el ataque persiste, puede provocar la muerte del árbol. Su ciclo biológico dura dos años y las orugas son activas en ambos. Para combatir las larvas se recomiendan los tratamientos en invierno a altas dosis de insecticida y localizados en las galerías. Tras la poda, las ramas deben ser quemadas.
- *Pulgones*. Los pulgones *Aphis fabae* Scopoli y *A. gossypii* Gloever se han encontrado en el cultivo del granado en España. Se instalan en el envés de las hojas, de cuyo nervio central se alimentan, arrollándolas y produciendo gran cantidad de melaza que es el medio adecuado para el ataque de hongos.
- *Saisetia oleae* Bern. Esta cochinilla habita principalmente sobre el olivo, pero se ha encontrado en el granado, al que daña directamente, succionando de los nervios de sus hojas y de sus ramas, debilitándolo y dificultando su desarrollo, e indirectamente, cubriéndolo de melaza en ramas y hojas jóvenes, propiciando así el ataque de hongos.
- *Acaro rojo del granado*. Este ácaro, *Tenuipalpus punicae* Pritchard y Baker, ataca a las hojas y al fruto, produciendo zonas de decoloración, desecación y, en el caso de los frutos, cuarteamiento de la corteza. Su desarrollo y difusión, en las condiciones climáticas mediterráneas, es lenta. Otros ácaros, como *Brevipalpus lewisi* McGregor, de gran importancia en California (EE.UU.), en España apenas presenta importancia.

Otras plagas, como el barrenillo del fruto (*Myelois ceratoniae* Zell) y el cotonet (*Planococcus citri* Risso) y la mosca del Mediterráneo (*Ceratitis capitata* Wied), aunque presentes, tienen poca importancia en el cultivo del granado.

4.5. Enfermedades

Son pocas las enfermedades que sufre este cultivo. La más importante es el ataque de hongos del género *Alternaria*, que se produce durante la floración y las primeras fases de desarrollo del fruto. Las condiciones climáticas apropiadas son HR y temperatura elevadas y lluvias prolongadas. Las esporas penetran por el pistilo y alcanzan las cavidades internas, donde se desarrolla el micelio, destruyéndolas total o parcialmente, mientras que la corteza no se ve afectada. Se recomienda el uso de funguicidas en tratamientos pre o postflorales.

En algunos casos se han registrado daños producidos por *Phytophthora* spp en raíces superficiales y tronco. También existen referencias de ataques de nematodos.

4.6. Desórdenes fisiológicos

Las plantas cultivadas en suelos pesados, con mal drenaje, sufren la *asfixia* de sus raíces. Una situación similar se presenta cuando en las plantaciones con riego localizado se sitúan los goteros muy próximos a las plantas. En estos casos, las hojas toman una fuerte coloración amarilla y se desprenden de la planta; en los casos más graves, el tronco se humedece, es parasitado por esporas de *Phytophthora* spp, y el desarrollo del micelio lo reblandece y lo pudre, provocando la muerte del árbol. La plantación en meseta, cuando el riego es por inundación, o la separación progresiva de los goteros a medida que la planta crece, son los métodos más eficaces de lucha.

Los frutos de esta especie se agrietan con frecuencia, dejando visibles sus semillas, que pierden color, y haciendo inservible al fruto para su comercialización. Esta alteración recibe el nombre de *splitting* o *agrietado* y su presencia se ha relacionado con cosechas elevadas, periodos de sequía seguidos de lluvias intensas y el riego con aguas salinas. La utilización de riego localizado, que reduce las situaciones de estrés hídrico en el suelo, el aclareo de los frutos procedentes de las floraciones de verano y la utilización de aguas adecuadas para el riego, palían en gran medida la importancia de esta alteración.

Los frutos del granado son sensibles a la alteración conocida como *golpe de sol*, caracterizada por la acción de éste sobre la superficie de los frutos que queda reseca y coriácea; en algunas áreas de cultivo también se la conoce como *albardo*. En esta especie, la corteza toma un aspecto acorchado, de color muy oscuro y con gran cantidad de grietas superficiales, todo lo cual anula su valor comercial; interiormente, las semillas pierden coloración y adquieren un sabor insípido. Los primeros síntomas se originan a principios de verano, cuando las temperaturas son muy altas; los frutos situados en la zona sur del árbol son los más afectados, y en éstos es su cara externa la que sufre más severamente la alteración. La combinación entre la orientación y el marco de plantación, el uso de variedades de porte llorón y gran superficie foliar, el cultivo bajo mallas,... son algunos de los métodos utilizados para evitarlo.

4.7. Patrones

Existe poca información al respecto. Se distinguen dos grupos de patrones, de acuerdo con el sabor de sus frutos, los *dulces* y los *agrios* o *bordes*. Entre las variedades utilizadas como patrón se encuentran la *Cajín* y la *Pinyonenca*.

Los patrones *bordes* son más rústicos que los *dulces* y presentan una buena resistencia a los cloruros; son más resistentes al hongo *Phytophthora*, al ataque de *Zeuzera*, a la asfixia radicular y a la salinidad, aunque retrasan la entrada en producción.

4.8. Técnicas de cultivo

- ***Multiplicación.*** En esta especie, la siembra de semillas se reserva solo para la obtención de algunos portainjertos. En estos casos, las semillas se siembran, estratificadas, en otoño o en primavera, se repican al cabo de un año y las plantas obtenidas se transplantan al tercer año. Pero la multiplicación comercial del granado es mayoritariamente vegetativa.

En febrero-marzo se cortan estaquillas de 25-30 cm de longitud y 0,5-1 cm de diámetro, preferiblemente chupones, se las entierra casi en su totalidad dejando solamente al aire la yema terminal y en un mes, aproximadamente, emiten raíces. También se pueden obtener, a principios del verano, ramas o chupones del año, de los que se eliminan todas las hojas excepto las dos más apicales, se plantan en camas calientes, en ambiente protegido, y en unos pocos días comienzan a emitir raíces. Asimismo, se utiliza el enraizamiento de serpientes, que se producen en gran cantidad en esta especie (15-20 por árbol); se seleccionan las más vigorosas y sanas, se arrancan con cuidado, se aporcan a principios de verano y emiten raíces en unas pocas semanas. El enraizado de estaquillas herbáceas de 5-7 cm de longitud en invernadero con sistema de nebulización también ha dado buenos resultados. Finalmente, puede emplearse el acodo como método de enraizamiento. Sea cual fuere el origen de las estacas, se las deja brotar por lo menos un año antes de transplantarlas al terreno definitivo al inicio de la primavera.

A partir de la primavera del segundo año se injertan las estacas. En las condiciones climáticas mediterráneas, el injerto a *ojo velando* es el que ha dado mejores resultados, ya que en esta especie el injerto a finales de verano o principios de otoño (a *ojo durmiendo*) es más problemático por la dificultad de separación de tejidos. Las varetas de las que se extraerán las yemas se recolectan dos semanas antes de que las yemas inicien su hinchamiento y se almacenan en cámara fría (5-7° C) hasta el momento del injerto. El escudete, con una yema, o la plancha, con 2 o más yemas, son los tipos de injerto más utilizados.

- ***Plantación.*** En la mayor parte de las áreas de cultivo, la plantación se realiza al comienzo de la primavera; sin embargo, en España se lleva a cabo en los meses de enero y febrero. Se arrancan los plantones, se rebajan a la mitad de su carga

vegetativa, dejándolos a una altura de 1 m, aproximadamente, y se trasladan al terreno definitivo, a raíz desnuda, plantándolos de modo que queden enterrados los 2-3 cm primeros por encima del cuello. Inmediatamente después de la plantación se realiza un riego y durante los primeros días debe procurarse que el suelo de alrededor del árbol esté a capacidad de campo.

La plantación debe realizarse protegiendo los troncos con caballones circulares o en meseta, para evitar el contacto directo del agua con la planta (ver apt. 4.6).

Los marcos de plantación deben ser de calles anchas para favorecer el desarrollo del árbol, evitar el cruce de ramas, muy largas en esta especie, favorecer el desarrollo y la coloración del fruto, evitar el rameado y permitir la mecanización. Los marcos más empleados son 5×3 m, 6×3 m y 6×4 m (400 a 650 árboles/ha).

- *Riego*. La constante de cultivo del granado no es conocida, por lo que sus necesidades de agua son estimaciones realizadas en diferentes zonas de cultivo basadas en la ET de la zona y en las producciones y calidad obtenidas. En la Cuenca Mediterránea se estiman unas necesidades de 5.000-7.000 m³/ha/año.

El riego a manta todavía es el más utilizado, aunque la implantación del riego localizado se halla cada vez más extendido. Este último produce mejores cosechas y de mejor calidad, reduce los ataques de *Phytophthora*, la incidencia del agrietado y los efectos negativos de la salinidad.

- *Aclareo de frutos*. Esta práctica cultural se lleva a cabo para mejorar el tamaño final del fruto. Su intensidad, la época óptima de ejecución y los efectos directos y secundarios sobre el fruto y sobre la planta, no han sido todavía estudiados. Sin embargo, se suele llevar a cabo cuando el Ø medio de los frutos es de 40-45 mm y se repite a los 20-25 días, dada la floración continuada que presenta esta especie. La práctica se aprovecha para, al mismo tiempo, eliminar los frutos deformes, los agrietados y los gemelos. Este aclareo se realiza con la ayuda de unas tijeras especialmente diseñadas.

- *Poda*. El granado es una planta de ramas dispersas y de crecimiento inicial débil, por lo que debe asegurarse la formación de un tronco robusto. Al mismo tiempo, debe dejarse una planta abierta, para facilitar la iluminación, evitar el rameado y facilitar el aclareo.

La **poda de formación** consiste en dejar un tronco de unos 50 cm de altura con 2-3 ramas principales, simétricamente distribuidas en todas direcciones. Al invierno siguiente, estas ramas se rebajan hasta 3/5 de su longitud, lo que favorece la aparición de formaciones cortas o *spurs* durante la primavera siguiente; en esta época deben eliminarse todos los brotes que aparezcan sobre el tronco y las bases de las ramas. Esta formación se completa durante el 3º, 4º y 5º años. Durante los años de formación del árbol deben eliminarse de forma regular las sierpes y los frutos recién cuajados, todo ello para favorecer el desarrollo del árbol.

Dado que el granado produce, sobre todo, en madera del año anterior, la **poda de fructificación** se realiza en los meses de noviembre a enero, dejando la madera joven y eliminando la vieja junto con las ramas entrecruzadas, sierpes y chupones; estos últimos pueden ser útiles, sin embargo, cuando se trata de sustituir alguna rama muerta. Dada la proliferación de ramos que se da en esta especie, la poda de fructificación es aconsejable realizarla todos los años.

En aquellos casos en los que el arbolado ha sufrido serios ataques de *Zeuzera* o simplemente ha envejecido, se lleva a cabo una **poda de rejuvenecimiento**, consistente en eliminar, a lo largo de un período de 2-3 años, las ramas viejas que se encuentren en peor estado, con el fin de favorecer la formación de chupones vigorosos que las reemplacen; en estos se reiniciarán las podas de formación y fructificación del modo indicado más arriba. En 3-4 años se puede conseguir un árbol rejuvenecido sin que la cosecha se haya resentido notablemente.

• **Recolección.** La idoneidad del momento constituye el punto clave de la recolección, ya que el fruto no madura fuera de la planta y si se retrasa aumenta el porcentaje de frutos agrietados. Esta se efectúa hasta en tres cortes, escalonadamente, desde principios del mes de septiembre hasta noviembre, lográndose de este modo un buen tamaño del fruto, una buena calidad y una maduración adecuada. La recolección se lleva a cabo cortando el pedúnculo al ras del fruto, con tijeras (a veces a *tirón*), y tratando a éste con mucho cuidado, dada su alta sensibilidad a los golpes; es por ello que requiere de personal especializado. Los frutos se depositan en cajas de campo o en capazos de polietileno, de unos 20 kg de capacidad, y se trasladan hasta el punto de acceso a la parcela, donde son vaciados en cajas de transporte que se cargan en pequeños camiones para ser trasladados a la central hortofrutícola. El pesado del fruto se realiza en el mismo campo o en la central.

4.9. Técnicas poscosecha

Cuando el fruto llega a la central hortofrutícola es sometido a una tría previa al proceso de manipulado; a continuación se pasa por la ruta de cepillado, nueva tría, calibrado, envasado, pesado y etiquetado.

Previo al proceso o al final de éste, puede resultar comercialmente recomendable su almacenamiento hasta que las condiciones del mercado sean las adecuadas o hasta realizar la venta. En estos casos el fruto debe conservarse en cámaras de baja temperatura. Los estudios al respecto indican como adecuadas para la conservación hasta 3 meses del fruto de la variedad 'Mollar de Elx', las condiciones siguientes:

t ^a	2°-5° C
HR	95%
Etileno	< 0,01 ppm
CO ₂	< 0,1%

Los frutos son susceptibles de daños por frío si se almacenan más de 30 días a temperaturas inferiores a 5° C. La utilización de envolturas con polímeros plásticos permite su conservación durante 7 meses sin pérdidas de peso y calidad.

Durante la conservación del fruto los daños más frecuentes a tener en cuenta son el ataque de hongos de los géneros *Penicillium*, *Alternaria* y *Botrytis*, y alteraciones fisiológicas como membranosis (pardeamiento carpelar), colapso húmedo y las asociadas a la senescencia.

4.10. Referencias bibliográficas

- Melgarejo, P. y Martínez-Valero, R. 1992. *El granado*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Melgarejo, P.; Martínez-Valero, R.; Guillaumon, J.R.; Miró, M. y Amorós, A. 1997. «Phenological stages of the pomegranate tree (*Punica granatum* L.)». *Ann. Appl. Biology*, 130:135-140.
- Melgarejo, P. y Salazar, D.M. 2003. *Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas* Vol. II. AMV Vicente Ediciones y Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Zuang, H.; Barret, P. y Beau, C. 1992. *Nuevas especies frutales*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.

5. El litchi

El litchi, *Litchi chinensis* Sonn., es una especie subtropical perteneciente al orden *Sapindales*, familia *Sapindaceae*, originaria del sur de China, país en el que se cultivan del orden de 30.000 ha. En España se cultivan 25-30 ha en las Islas Canarias y Andalucía. Sus características y cultivo pueden consultarse en las obras de Galán Saúco (1987 y 1990), Calabrese (1993) y Nakasone y Paull (1999).

Los principales cultivares de esta especie son de origen chino y ello ha dificultado mucho su clasificación, no solo por el idioma en sí, sino por la cantidad de sinónimos que han aparecido en su traducción a las lenguas occidentales. Actualmente se está trabajando en el análisis de isoenzimas para separar las diferentes líneas. A pesar de todo, las variedades cultivadas en los subtrópicos se han clasificado, de acuerdo con su origen, en:

- De porte enano: Huai zhi (Wai Chee).
- Vigor medio: He ye (Hak Ip); San yue hong (Sum Yee Hong).
- Vigorosos: No mi ci (No Mai Chee), Gui wei (Kwai May Pink o Bosworth), Da zao (Tai So o Mauritius), Chen zi (Brewster).

Esta especie subtropical vegeta bien en áreas climáticas con inviernos fríos y secos, tolerando sólo heladas de escasa intensidad y duración, y prefiriendo veranos calurosos y húmedos; aunque soporta temperaturas elevadas (> 40° C), si éstas vienen acompañadas de HR bajas pueden provocar el rajado del fruto (*splitting*). A pesar de ello, las exigencias térmicas para florecer y la peculiar floración de esta especie, propician una buena adaptación a los climas subtropicales. Por otra parte,

se adapta bien a una amplia gama de suelos, siempre que posean un drenaje adecuado; se cultivan bien en suelos neutros o ligeramente alcalinos. En general, los cultivares menos vigorosos se recomiendan para suelos fértiles y climas poco favorables para inducir la dormancia, mientras que los más vigorosos se aconseja que se cultiven en zonas con inviernos fríos y secos y suelos bien drenados y de baja fertilidad.

El litchi es un árbol perennifolio que, en condiciones favorables, alcanza una altura de hasta 10-12 m, de copa amplia y compacta con ramas pendulares o erectas, según el cultivar. Las hojas, más exactamente, los folíolos son elípticos o lanceolados, de color verde oscuro, y de 7-15 cm de longitud, 2-5 cm de anchura (Foto 17.11). Las flores se sitúan en panículas terminales de brotes con o sin hojas; son de pequeño tamaño (3-6 mm de longitud) y se clasifican en tres tipos de acuerdo con su sexualidad: Tipo I, morfológica y funcionalmente masculinas, con 6-8 estambres que producen abundante polen; Tipo II, morfológicamente hermafroditas con dos carpelos, de los que generalmente sólo se desarrolla uno, y estigma bilobulado, pero de actuación femenina, ya que la dehiscencia de los estambres (5-8) no se produce; Tipo III, también morfológicamente hermafroditas pero de actuación masculina, con estambres (6-8) que producen abundante polen viable y un pistilo rudimentario que carece de estilo y estigma. El fruto es una drupa de forma y tamaño variables según el cultivar; acorazonada, ovoide, redonda o arriñonada, de 3-5 cm de alto y 4-6 cm de ancho y desde 10 a 35 g de peso. El pericarpio es de color rojo intenso, rígido y quebradizo, ligeramente áspero y formado por escamas

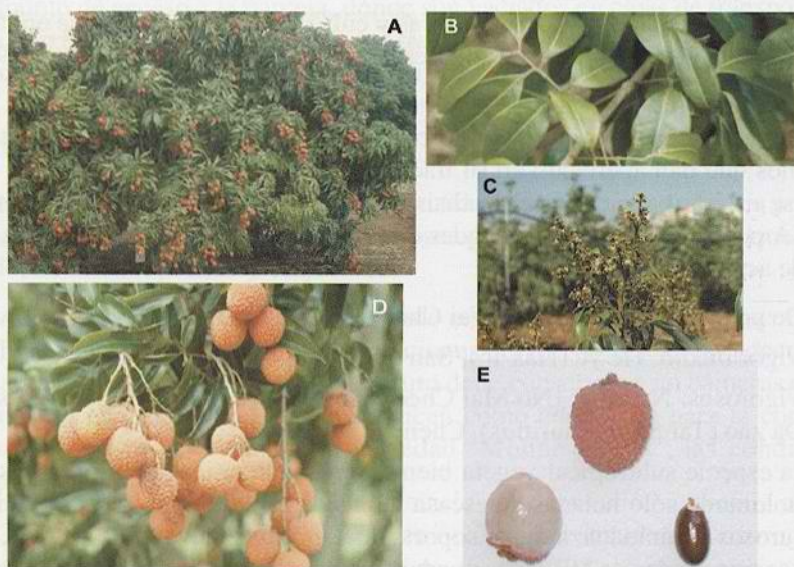


Foto 17.11. Árbol (A), hojas (B), inflorescencia (C), fructificación (D), fruto, mostrando el pericarpio y la pulpa, y semilla mostrando el obturador (E), de litchi. (Fotos A, B, C y D: F. Calabrese).

angulares (Foto 17.11). La pulpa es de color claro, translúcida (Foto 17.11), aromática, jugosa, ligeramente ácida y dulce; botánicamente es un arilo que surge de un obturador formado por una excrecencia del funículo y su desarrollo no es uniforme, de modo que engloba a la semilla por el extremo de su chalaza, y se halla libre de ella. Comercialmente el ratio arilo comestible/semilla es más importante que el tamaño del fruto. La semilla es de color marrón, brillante, grande (alrededor del 20% del volumen del fruto), de forma ovoide y alargada (Foto 17.11).

En general, en el litchi los contenidos foliares en elementos minerales considerados adecuados se han evaluado en :

N (%)	1,3-1,4
P (%)	0,08-0,20
K (%)	0,8-1,0
Ca (%)	0,5-2,5
Mg (%)	0,4-0,7
Fe (ppm)	50-200
Zn (ppm)	15-150
Mn (ppm)	30-500

Como fertilizante se recomienda aplicar un complejo, tipo 15-15-15, durante los 3 primeros años, a razón de 500, 1.000 y 1.500 g/árbol, respectivamente, repartidos a lo largo del año; para árboles de 5-12 años de edad las dosis recomendadas son: N 400-500 g/árbol; P 125-200 g/árbol; y K 500-900 g/árbol, según el porte del árbol y su producción; para árboles adultos (> 15 años) las dosis fertilizantes establecidas, en g/árbol, son : N 1.000, P 300 y K 1400.

La **plaga** más importante del litchi es el ácaro *Aceria litchi*, que ataca al envés de las hojas jóvenes produciendo una especie de fieltro de color marrón. Otras plagas de importancia son un minador del tronco (*Anoplophora macularia*), que puede producir la muerte del árbol, un hemíptero (*Tessartoma papillosa*), un coleóptero (*Cryptophlebia ombrodeta*) y la mosca oriental (*Dacus dorsalis*) que atacan al fruto. Algunos ataques de cochinillas, trips y *Ceratitis capitata* han sido registrados en plantaciones españolas.

Son varias las **enfermedades** que atacan al litchi, siendo sólo relevantes las de posrecolección. La antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) es el hongo más importante al respecto.

Los **marcos de plantación** recomendados para el cultivo de esta especie son de 10 × 5 m, para los cvs. poco vigorosos y de 11 × 9 m para los de porte medio; a pesar de ello, en algunas zonas se plantan a mayor densidad (7 × 4 m), incluso los más vigorosos, con buenos rendimientos recurriendo a la poda mecánica. La **poda de formación** suele ser en vaso, dejando un tronco hasta los 50 cm de altura y abriendo 3-4 ramas. La **poda de mantenimiento** consiste en eliminar todas las ramas que surjan con ángulos muy agudos y en pinzamientos que provoquen la for-

mación de brotes fructíferos. En las plantaciones modernas se realiza una poda del árbol en tronco de pirámide, dejándolo a una altura de 4 m y distancia en su base de 1 m en la fila y de 3-4 m en la calle. El **riego** es esencial durante los primeros años y debe practicarse cada 2-3 semanas; en árboles adultos debe mantenerse durante la floración y el desarrollo del fruto, cuando las necesidades aumentan hasta 800 l/semana durante el verano, recomendándose un sistema de riego capaz de aportar 60-80 l/h y árbol; por el contrario, en otoño e invierno, tras la producción del primer flujo que sigue a la recolección, debe interrumpirse el riego para retener el desarrollo vegetativo y promover la floración. La recolección debe llevarse a cabo cuando el fruto haya desarrollado su plena coloración roja y el contenido en azúcares sea el adecuado, de lo contrario mantiene un sabor ácido, nunca entra en color y pierde aroma; como se trata de un fruto no climatérico, no es posible mejorar sus características con tratamientos poscosecha con etileno. Generalmente la recolección se efectúa cortando las panículas enteras con un trozo de madera a modo de despunte. Las panículas de frutos, acompañadas de hojas para protegerlas, se envasan en cajas de 20 kg. Los frutos recolectados nunca deben quedar expuestos al sol porque se secan con rapidez.

5.1. Referencias bibliográficas

- Calabrese, F. 1993. *Frutticoltura tropicale e subtropicale*. II°. *Frutiferi legnosi*. Edagricole, Bologna, Italia.
- Galán Saúco V. 1987. El litchi y su cultivo. Estudios FAO, *Prod. Prot. Veg.*, 83, Roma, Italia.
- Galán Saúco, V. 1990. *Los frutales Tropicales en los Subtrópicos*. I Aguacate, Mango, Litchi y Longan. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Nakasone, H.Y. y Paull, R.E. 1999. *Tropical fruits*. CAB International, Wallingford, UK.

6. Otros Frutales

6.1. El nashi

El nashi, también conocido como pera-nashi, manzana-pera y pera asiática, es una especie que procede de China, donde se la conoce desde hace más de 3.000 años y crece espontáneamente en una amplia gama de climas, desde templado a subtropical, y entre los 100 y 1.400 m de altitud. En el primer siglo a.C., durante la dinastía Han, ya existían amplias plantaciones en las riberas de los ríos Yellow y Kwai. Desde entonces se ha cultivado por todos los países del Extremo Oriente. En EE.UU., el nashi fue introducido en el siglo XIX, durante la denominada «fiebre del oro», por los mineros chinos que lo cultivaron en las riberas de los ríos de Sierra Nevada, en California. En la actualidad su cultivo se halla extendido tanto en el hemisferio norte como en el sur, entre los paralelos 35° y 42°. En Europa, donde llegó bien entrado el siglo XX, se encuentran plantaciones en Francia, Suiza y España.

En el mundo se producen unas $1,7 \times 10^6$ t anuales de nashi, siendo China, con 1×10^6 t, la primera productora, seguida de Japón ($0,5 \times 10^6$ t), Corea del Sur (50×10^3 t), Nueva Zelanda (10×10^3 t) y EE.UU. (5×10^3 t).

Para una más amplia información sobre el cultivo de este frutal pueden consultarse las obras de Griggs e Iwakiri (1977), Masseron *et al.* (1992) y van Workum (1986).

El nashi pertenece al orden *Rosales*, familia *Rosaceae*, subfamilia *Maloideae* o *Pomoideae*, y se clasifica botánicamente como *Pyrus pyrifolia* (Buró. F) Nakai, sinónima de *P. serotina* Rehd. Los frutos originarios de esta especie no conservan los sépalos, son de forma globosa o piriforme y de color bronceado; sin embargo, los actualmente cultivados presentan ciertos caracteres extraños, como forma aplana-da, sépalos persistentes y coloración amarilla. La hipótesis más probable es que ello es consecuencia de la hibridación de *P. pyrifolia* con *P. ussuriensis* Maxim, originaria de Japón y con frutos subglobosos de epidermis verde amarillenta, y *P. bretschneideri* Rehder, procedente de China y con frutos subglobosos de epidermis amarilla, y que presentan entre sí polinización cruzada. El resultado final es la forma hortícola del nashi cultivada actualmente y que los botánicos clasifican como *P. pyrifoli* cv. *culta* (Makino) Nakai.

El nashi es un **árbol** vigoroso, de tronco fuerte, de ramas largas y tendentes a la verticalidad, de madera marrón-dorada, ligeramente brillante, con lenticelas grandes y pronunciadas (Foto 17.12) y de aspecto parecido al peral. **Hojas** caducas, acorazonadas o elípticas, suavemente aserradas, brillantes, finas y de color verde claro (Foto 17.12). **Flores** pentámeras, de pétalos blancos y cáliz caduco, con numerosos estambres, ovario ínfero, hermafroditas, aunque autoestériles en la mayor parte de las variedades y muchas de ellas interincompatibles. La floración es abundante y se localiza en ramos de uno o dos años de edad.

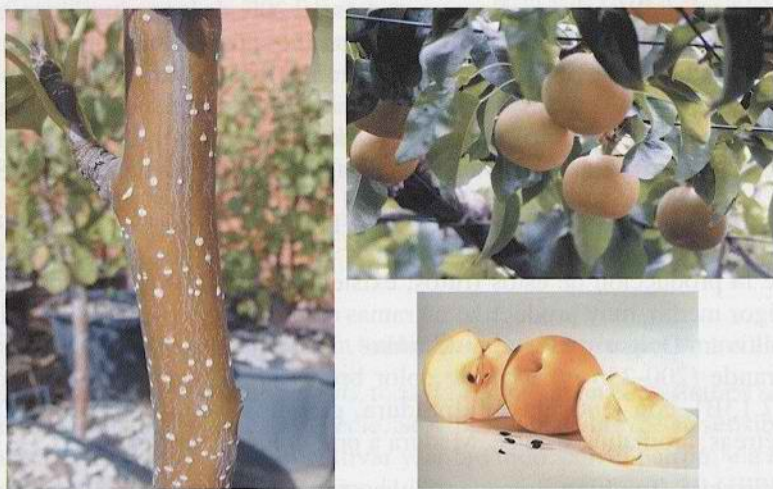


Foto 17.12. Madera, con lenticelas bien marcadas, hojas, frutos y semillas de nashi.

El **fruto** es un pomo, de forma globosa, con pedúnculo largo, ligeramente achatado, de color bronceado a amarillo-dorado, de pulpa blanca, crujiente y jugosa, aromática y sabor dulce aunque poco pronunciado (Foto 17.12). **Semillas** pequeñas, de cubiertas marrón oscuro, brillantes (Foto 17.12).

Las **variedades** más cultivadas, ordenadas por su maduración, son las siguientes:

- **Shinseiki**. También conocida como 'Nuevo siglo', es una variedad japonesa obtenida por cruzamiento de las variedades 'Nijisseiki' × 'Chōjūrō'. Existen algunas plantaciones en Europa. Arbol de vigor medio, de fácil conducción y muy productivo. Fructifica en madera de 1 a 3 años de edad, especialmente sobre brindillas. Se utiliza habitualmente como polinizadora de muchas variedades y es eficazmente polinizada por 'Hōsui' y 'Nijisseiki'. Fruto de buen calibre, de epidermis amarilla, lisa, sensible a los roces y al *russetting*. Sabor agradable. Madura a mediados de agosto.
- **Hōsui**. También denominada 'Abundancia'. Variedad japonesa obtenida por cruzamiento entre ('Kikosui' × 'Yakumo') × 'Yakumo'. Por su productividad y época de maduración, constituye actualmente la variedad más interesante para su cultivo en España. Arbol fuerte, muy vigoroso y de brotación acrótona; difícil de manejar, por tanto. Muy productivo, aunque de entrada en producción más lenta que otras variedades ya que durante los primeros años es muy sensible a la caída de flores y frutos recién cuajados. Presenta muchos botones florales laterales en madera del año. Fruto de tamaño grande (200-250 g/fruto), piel rugosa de color bronceado, y de mucha calidad gustativa. Se utilizan para su polinización las variedades 'Shinseiki', 'Nijisseiki' y 'Shinko'. Madura a finales de agosto-principios de septiembre.
- **Kōsui**. También denominada 'Agua bienhechora'. Procede del cruzamiento 'Kikosui' × 'Wazekoso'. Representa más del 20% de la producción mundial de nashi. Arbol muy vigoroso, con buena ramificación, pero de ángulos muy agudos, produce en las extremidades de los ramos de un año. Sus mejores polinizadores son 'Hōsui', 'Nijisseiki' y 'Shunseiki'. Fruto redondo, de tamaño medio a grande (175-200 g/fruto), color bronceado-dorado (Foto 17.13A), de pulpa tierna, jugosa y dulce. Madura a finales de agosto-principios de septiembre.
- **Chōjūrō**. Conocido también como 'Larga vida'. Variedad de origen japonés, procedente de una semilla de origen desconocido. Representa cerca del 15% de la producción de estos frutos; existen plantaciones en Europa. Arbol de vigor medio, muy productivo en ramas de un año. Su mejor polinizador es el cultivar 'Doitsu', 'Hōsui' y 'Shinko'. Fruto globoso, aplanado, de tamaño grande (200-250 g/fruto), de color bronceado a anaranjado oscuro (Foto 17.13B), con lenticelas. Pulpa dura, granulosa, con presencia de células pétreas, aromática y dulce. Madura a principios de septiembre.
- **Nijisseiki**. También llamada 'Siglo xx'. Variedad japonesa procedente de semillas de origen no conocido, es la más cultivada en Japón y representa

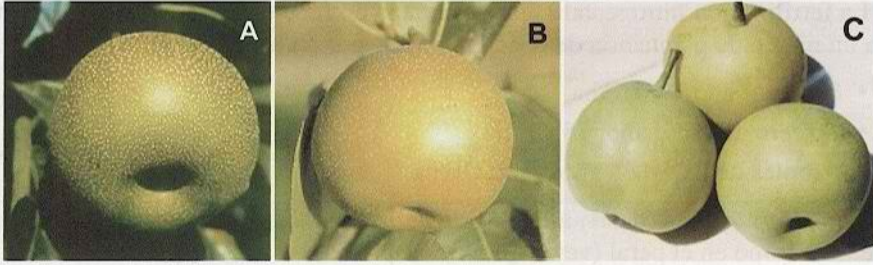


Foto 17.13. Frutos de nashi cvs. 'Kōsui' (A), 'Chōjūrō' (B) y 'Nijisseiki' (C).

más del 35% de la producción mundial de nashis y el 90% de sus exportaciones. Procede de una semilla de origen no conocido. Arbol de vigor medio, erecto y denso, con entrenudos cortos, muy ramificado, fácil de conducir. Muy productivo, necesita de intensos aclareos para producir frutos de calidad. Es eficazmente polinizada por 'Shinseiki' y 'Hōsui'. Fruto de buen tamaño, de epidermis lisa amarillo-verdosa (Foto 17.13C), con lenticelas muy pronunciadas de color oscuro y sensible a las rozaduras y al *russetting*. Pulpa de calidad gustativa muy buena, suave, jugosa, crujiente, perfumada y dulce. Madura la segunda semana de septiembre.

- *Shinko*. Conocida también por 'Frescura placentera', procede de semillas de origen desconocido. Existen plantaciones en Europa de este cultivar. Arbol de escaso vigor, fácil de conducir y productivo en madera de 3 años de edad. Fruto de tamaño medio a grande, forma globosa aplanada, de buena calidad, epidermis rugosa de color bronceado-dorada, con lenticelas grandes y sabor agradable. Madura a mediados de septiembre.

De floración precoz, similar al peral, es muy sensible a las heladas primaverales, lo que limita el **área de su cultivo**. Es sensible al viento, que puede ocasionar rotura de ramas y, sobre todo, daños en su epidermis, lo que deprecia su valor comercial. Requiere de elevada humedad relativa ambiental para obtener frutos de tamaño adecuado. Es una especie sensible al sol, que puede provocar quemaduras en los frutos, vitescencia y color heterogéneo, siendo los mejores frutos aquellos situados en la zona de penumbra de los árboles. En nuestras condiciones climáticas, no es frecuente este tipo de alteración, aunque sí se han registrado algunos problemas de secado de hojas (atabacado), pero más relacionados con ambientes secos que con «excesos» de sol.

Esta especie se comporta mejor en **suelos** ácidos a neutros que en los alcalinos.

En nuestras condiciones de cultivo, todavía no se dispone de estudios sobre las **exigencias nutricionales** de esta especie. Se sabe, no obstante, de su sensibilidad a la clorosis férrica, variable con el cultivar y, sobre todo, con el patrón, y a las deficiencias de Mg, por lo que se recomienda la incorporación de 20-30 UF/ha y año de MgO.

La fertilización nitrogenada se lleva a cabo en función de la edad de la planta; para un marco de plantación de 5 × 5 m, un calendario adecuado es el siguiente:

- Segundo año: 45 UF/ha.
- Tercero a quinto año: 75 UF/ha.
- Árboles de más de 5 años: 120 UF/ha.

El reparto de estas dosis, así como la aplicación del resto de macronutrientes, se realiza como en el peral (ver Capítulo 12, apt. 2.3).

Aunque puede cultivarse en secano, en condiciones de clima mediterráneo el **riego** es necesario para obtener producciones elevadas y regulares. No deben permitirse déficits hídricos durante el desarrollo del fruto, sobre todo en el momento del cuajado y durante la fase lineal del crecimiento. El coeficiente de cultivo del nashi y, por tanto, sus necesidades hídricas, no se conocen, tomándose como referencia los valores válidos para el peral (Capítulo 11, Tabla 11.6).

Este cultivo no presenta problemas graves en lo que a plagas, enfermedades criptogámicas y virosis respecta, de modo que, en general, la defensa sanitaria es más fácil que en el peral.

En lo referente a **plagas**, la *Cacopsylla pyri* L. tiene escasa incidencia en esta especie, que es más tolerante que el peral, al igual que ocurre con los áfidos y los ácaros. La carpocapsa, o *Cydia pomonella* L., exige de los mismos cuidados que en el peral.

En relación a **enfermedades** criptogámicas, se conoce la incidencia del *moteado*, *Venturia pirina* Aderh., y entre las virosis se ha registrado el *chancro* (*pear canker*). En ambos casos, los síntomas y daños que producen, así como los cuidados que se llevan a cabo, son los mismos que los mencionados para el peral.

Esta especie es incompatible con el membrillero, por lo que la gama de **patrones** a utilizar, aunque amplia, pertenece toda al género *Pyrus*. En la actualidad se dispone de 4 grupos de patrones: 1) francos de *Pyrus serotina*; 2) *Pyrus communis*, del que se utilizan semillas de la selección *Kirschensaller* y de las selecciones clonales *OH × F*; son, por el momento, los patrones más interesantes para esta especie en nuestras condiciones de cultivo; 3) *Pyrus calleryana*, ampliamente difundido en China y California; y 4) *Pyrus betaefolia*, en fase experimental. Sus principales características se presentan en la tabla 17.6.

TABLA 17.6

Comportamiento frente a las condiciones del medio y principales características agronómicas de los patrones de nashi

	<i>P. communis</i>	<i>P. serotina</i>	<i>P. calleryana</i>	<i>P. betulaefolia</i>
<i>Condiciones del medio</i>				
Adaptación a suelos	B	m	m	m
Clorosis férrica	R	S	S	S
Asfixia radicular	Rm	S	—	R

	<i>P. communis</i>	<i>P. serotina</i>	<i>P. calleryana</i>	<i>P. betulaeifolia</i>
	<i>Características agronómicas</i>			
Compatibilidad	M	M	B	B
Vigor	B	B	B	Ex
Productividad	B	B	B	B
Tamaño del fruto	m	B	B	—

B: Bueno(a); M: Mala; m: Medio(a); R: Resistente; Rm: Resistencia media; S: Sensible; Ex: Excesivo.

La **poda de formación** del nashi más utilizada es la palmeta libre. Esta permite un buen control del vigor y facilita las labores de cultivo. La **poda de mantenimiento** se basa en la reducción de los ramos del año que no se encuentren en posición vertical, con el fin de reducir el coste del aclareo; se puede hacer en el momento de llevar a cabo éste o durante el invierno. La **poda de fructificación** de las ramas verticales debe ser moderada, para favorecer su arqueamiento, y la de las horizontales debe perseguir la reducción y/o renovación de órganos fructíferos. La **poda en verde** no se aconseja en esta especie, dado que ello descubre a los frutos frente al sol, con el consiguiente riesgo de los daños que éste provoca.

La productividad de esta especie exige ineludiblemente el **aclareo** de frutos para que éstos alcancen la calidad exigida por el comercio. Este se realiza manualmente entre la 5ª y 7ª semana después de la plena floración (mediados de mayo, en nuestras condiciones de cultivo), justo cuando el fruto inicia su fase de expansión lineal. La intensidad del aclareo depende de la densidad de fructificación; cuando ésta es alta se deja un fruto por corimbo, cuando es baja se dejan 2. El aclareo químico de esta especie es problemático y no se dispone, actualmente, de una técnica adecuada.

En algunas plantaciones se está procediendo a la **cubrición con malla** antigra-nizo, lo que sirve, al mismo tiempo, para la protección del viento, mejorar la humedad ambiente y evitar el ataque de pájaros, de gran importancia en algunas zonas. Como inconvenientes se presentan el elevado coste de instalación, la dificultad de polinización por las abejas y un apreciable retraso de la maduración.

El nashi, al contrario que el peral, puede mantener sus frutos en el árbol durante un largo periodo, sin caer y con un incremento notable de su tamaño al aproximarse a la maduración. Ello dificulta la determinación de la fecha de **recolección**, ya que cuando estos frutos maduran sus características intrínsecas (sabor y vitrescencia) se deterioran rápidamente si permanecen en el árbol, aunque su aspecto y consistencia sean correctos. Ello obliga a recolectar en diferentes pasadas, entre 3 y 5, para recolectar la totalidad de los frutos en las mejores condiciones posibles. El cambio de color del fruto indica el inicio de la maduración y, por tanto, el momento óptimo de recolección.

El fruto del nashi posee una epidermis muy sensible y requiere, por tanto, de cuidados especiales. Así, debe mantenerse el pedúnculo intacto, para prolongar su

vida **poscosecha**, pero cortado al nivel del fruto, hay que evitar golpes y rozaduras durante el transporte, selección y clasificación, se han de colocar en las cajas con mucha delicadeza y, como mucho, en dos capas, y si se han de conservar en frío, hay que introducirlos en las cámaras (0,5° C y HR 95%) lo antes posible.

Referencias bibliográficas

- Griggs, W.H. y Iwakiri, B.T. 1977. *Asian pear. Varieties in California*. Univ. Calif. Div. Agric. Sci., Publ. 4068, Berkeley, California, EE.UU.
- Masseron, A.; Thibault, B.; Decoene, C.; Hilaire, C. y Dalle, E. 1992. *El nashi*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- van Workum, M.B. 1986. *Nashi. Culture and management*. N.Z. Nashi Growers Ass. Inc., Sidney, Australia.

6.2. La palmera datilera

La palmera datilera, *Phoenix dactylifera* L., es una monocotiledónea perteneciente al orden *Arecales*, familia *Arecaceae*. Su origen es el Oriente Medio y el norte de Africa. En el valle del Eufrates su presencia se remonta a hace unos 6.000 años, donde ya se cultivaba por sus frutos, los dátiles.

En la actualidad se producen en el mundo $6,2 \times 10^6$ t anuales de dátiles, siendo Irán (18%), Egipto (14%), Arabia Saudita y Emiratos Arabes (12% cada uno) los principales productores. Irak, Pakistán y Argelia son, también, productores de dátiles.

En España existen palmeras en Andalucía, Canarias y la Comunidad Valenciana. La producción de dátiles se concentra en esta última, siendo Elche, con más de 180.000 palmeras plantadas y unas 160.000 en viveros, la zona más importante. Se cultivan algo más de 500 ha que producen unas 8.000 t anuales de dátiles. Algunos autores atribuyen la introducción de esta especie en España a los romanos, otros aseguran que fueron los fenicios, y los más citan a los árabes; pero todos coinciden en que fueron éstos los que desarrollaron su cultivo.

Para una mayor información sobre el cultivo de esta especie pueden consultarse los textos de Perreau-Leroy (1959) y de la Generalitat Valenciana (1998).

Esta especie posee un solo **tronco**, que puede alcanzar gran altura (30-50 m), grueso (\varnothing 50-70 cm), a veces curvo, que termina con un penacho de hojas o brote terminal (Foto 17.14). Las **hojas** son pinnadas, compuestas, de gran tamaño (2-5 m de longitud), con foliolos de color verde, longitudinalmente plegados (Foto 17.14). Su **sistema radicular** es fasciculado, largo y profundo, con numerosas raíces entre 0,5 y 1 cm de diámetro. Es una especie dioica, con **flores** en inflorescencias en racimo que se desarrollan en las axilas de las hojas; en las femeninas el gineceo es coricárpico, con tres carpelos libres de los que solamente uno completa su desarrollo. El **fruto** (dátil) es una baya monocarpelar de forma ovalada, de color amarillento o castaño-rojizo (Foto 17.14), de 4-8 cm de



Foto 17.14. Arbol, hojas, frutos y semillas de palmera datilera.

longitud, con un mesocarpo carnoso, muy dulce, protegido por un exocarpo apergaminado y con un endocarpo membranoso que rodea a la semilla, oblonga, dura y rica en celulosa (Foto 17.14).

Las **variedades** de flor femenina se clasifican, de acuerdo con sus frutos, en cvs. de *dátiles molles*, de carne espesa y dulce, y de *dátiles secos*, de carne dura.

Dátiles molles:

- ‘Deglet Ennour’, también llamada ‘Degla’ o ‘Muscade’. Variedad poco productiva. Dátil fino, hueso liso y puntiagudo en los extremos, de gran calidad. De maduración tardía, se consume durante todo el invierno. Su destino es la exportación.
- ‘Ghars’. Productiva. Dátil argelino, dulce con regusto astringente, de aspecto deficiente.

Dátiles secos:

- ‘Degla Beida’. Dátil de carne dura y fácil conservación.
- ‘Kentichi’. De características similares al anterior.

Otros cultivares de importancia son ‘el Mehjoul’, ‘Bou Gandouz’ y ‘Abbou Ijjou’, en Marruecos, y ‘Halawi’, ‘Khadrawi’, ‘Zahidi’ y ‘Sayer’, en Irak.

Los pies masculinos se seleccionan por la influencia que el polen tiene sobre el desarrollo y las características del fruto (metaxenia). Algunas variedades, como ‘Fard 4’, seleccionada en EE.UU., consiguen anticipar la maduración entre 2 y 3 semanas.

Pero en la práctica comercial, la clasificación más que por los cultivares botánicos se realiza por los tipos de dátiles. Actualmente se clasifican en:

- *Cándios*: Dátiles momificados, maduros y secos.
- *Tenaos*: Cándios más dulces y con mejor sabor.
- *De Adobo*: Madurados con tratamientos a base de vinagre.
- *Negros*: Blandos y consumidos directamente de la palmera.
- *De pienso*: De mala calidad y sabor astringente, son alimento de animales.

La palmera datilera se distribuye entre los 15° y los 30° de latitud N, aunque pueda encontrarse, también, fuera de estos límites, como en el caso de la Península Ibérica. Es una especie muy exigente con relación al **clima**, de ahí la estrecha franja del planeta donde puede encontrarse. Respecto de la temperatura, requiere de valores muy elevados, de modo que no produce frutos de calidad por debajo de la isoterma anual de 18-20° C. En relación con la HR, exige un otoño y principios de invierno bajo una sequedad extrema.

Esta especie vegeta bien en una amplia gama de **suelos**, pero sobre todo en los franco-arenosos, permeables y aireados; en suelos arcillosos requiere un buen drenaje. Aunque es capaz de resistir elevadas concentraciones de cloruros (hasta 15 g/l de solución de suelo), la cosecha mejora con el descenso de la salinidad.

Dado el clima donde debe cultivarse y la evaporación que ello comporta, sus exigencias en **agua** son elevadas, entre 15.000 y 25.000 m³/ha y año; pero no tanto por el propio árbol, sino para impedir la concentración elevada de sales en el suelo.

Se conoce muy poco sobre las **exigencias nutricionales** de esta especie de modo que, en la práctica, la fertilización está basada en la tradición mas que en los conocimientos. Se utiliza el estiércol en grandes cantidades y el CaNO₃ como fuente de N, dada la dificultad de nitrificación de las sales amoniacales en los terrenos salinos. En las zonas más desarrolladas se emplean fertilizantes complejos tipo 100:50:100.

No son muy numerosas las **plagas** que atacan a esta especie. Entre ellas tienen importancia una cochinilla y un ácaro. La cochinilla blanca, *Parlatoria blanchardii*, causa a veces grandes daños. El ácaro, *Paratetranychus afasiaticus*, ataca las hojas, decolorándolas. En cuanto a **enfermedades**, algunos hongos de los géneros *Coniothyrium* y *Fusarium* atacan a las inflorescencias y a las hojas, produciendo podredumbres y resecos. El primero se combate con funguicidas cúpricos, pero para el segundo no existe tratamiento eficaz.

La **polinización** se practica escalonadamente desde febrero a abril. La envoltura apergaminada de la espádice femenina se corta un poco antes de su apertura natural, se disponen en el interior dos o tres ramitas de una inflorescencia masculina a punto de florecer y se ata durante dos meses para que se produzca la poliniza-

ción; finalmente se rompe la atadura. Los frutos aparecen escalonadamente a lo largo de varias semanas. Actualmente se emplean, también, técnicas de espolvoreo, de más fácil ejecución.

El **aclareo** para obtener buenos tamaños se realiza a dos niveles, dejando 10-15 inflorescencias femeninas por palmera y reduciendo el número de ramillas de cada una de ellas.

La **propagación** se realiza separando los renuevos del pie-madre y transplantándolos en vivero o *in situ*. Para ello se escogen aquellos de 5-7 años de edad, bien formados, con un diámetro de tronco de 10-15 cm y un peso de unos 10-15 kg. Esta operación se lleva a cabo en abril-mayo. Cada árbol apenas produce unos veinte renuevos durante los primeros años de su vida. Dado que esta especie es dioica, sólo se propaga entre un 2% y un 4% de individuos masculinos.

Antes de la plantación se realiza una **labor** de desfonde seguida de un riego abundante para el lavado de sales. A continuación se realiza la **plantación** cuando el suelo se haya calentado, en abril-mayo, se riega copiosamente y se protege a las plantas cubriéndolas con palmas; el enraizamiento es lento y en muchos casos la emisión de brotes no tiene lugar hasta al cabo de uno o dos años.

El **marco de plantación** varía entre 8×8 m y 10×10 , con densidades de plantación entre 100 y 125 plantas por ha.

El **riego** se da durante todo el año, aunque disminuyendo su frecuencia durante el invierno, aportando entre 120 y 150 m³ por árbol y año. Debe vigilarse la calidad del agua, procurando que no supere los 3 g de Cl⁻ por litro.

La **poda** sólo se efectúa para eliminar las hojas secas y aquellas que resten luminosidad a los racimos, que deben estar, además, aireados. Se efectúa en primavera.

La **recolección** se lleva a cabo manualmente, bajando los ramos de dátiles con cuerdas y con cuidado para no dañarlos. En general, una palmera adulta suele producir entre 60 y 120 kg/año de dátiles, dependiendo de la variedad, el año y las condiciones de cultivo.

Los cuidados **postcosecha** consisten en airear los dátiles maduros antes de su comercialización o situarlos en locales calientes y ventilados para completar su maduración. Se clasifican por tamaño y se corrige su humedad hasta alcanzar una relación azúcar/agua de, aproximadamente, 2/1. Esto se lleva a cabo sometiéndolos a vapor de agua, si están muy secos, o a una corriente de aire caliente si son demasiado acuosos, sin sobrepasar nunca los 70° C. A continuación se embalan en cajas de cartón para su venta.

La **comercialización** del dátil está prácticamente dominada por la variedad 'Degla'. En su conjunto, las exportaciones de dátiles al mundo desde los diferentes países productores oscila alrededor de las 75.000 t.

6.3. Referencias bibliográficas

- Generalitat Valenciana. 1998. *Frutas y Hortalizas de la Comunidad Valenciana*. Generalitat Valenciana, Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació, Serie Monografias n.º 3, Valencia, España.
- Perreau-Leroy, J.F. 1959. *Le palmier-dattier au Maroc*. París, Francia.

CAPITULO 18

FRUTALES TROPICALES DE MAYOR INTERES

1. La platanera

La platanera es originaria del área comprendida entre el archipiélago de Filipinas y la península de Malaca, mar de la China Meridional y mar de Java. Su estado originario, con semillas, data según diversos autores de más de 30.000 años, pero las variedades actuales, sin semillas, son mucho más recientes. A las Islas Canarias llegaron a principios del siglo xv procedentes de Africa Occidental de manos de marineros portugueses, y desde éstas fueron introducidas en América en 1516.

En 2002, según FAOSTAT, la producción mundial de plátanos ascendió a 91×10^6 t ($60,5 \times 10^6$ t de plátanos de postre o bananas y $30,5 \times 10^6$ t de plátanos de cocinar o plantains), sólo superada por la de cítricos. India ($16,5 \times 10^6$ t), Uganda ($9,5 \times 10^6$ t), Ecuador ($7,5 \times 10^6$ t), Brasil ($6,5 \times 10^6$ t) y Filipinas (5×10^6 t) fueron los cinco principales productores.

La producción española de plátanos es de 450.000 t/año, aproximadamente, toda ella procedente de las Islas Canarias, y aunque Tenerife es la principal isla productora tiene especialísima relevancia para la isla de La Palma, en la que representa el 80% de su producto interior bruto. En sus condiciones de cultivo, la producción media de este fruto es de 45.000 kg/ha, aunque hay explotaciones con rendimientos superiores a 100.000 kg/ha; su consumo es nacional en su totalidad.

Existen numerosas publicaciones monográficas sobre las características varietales y de cultivo de esta especie, destacando en idioma inglés las de Stover y Simmonds (1987) y Robinson (1996), en español las de Champion (1966), Soto, (1985) y Galán Saúco, (1992) y en portugués la de Manica (1997).

1.1. Clasificación botánica y agronómica

La platanera es una planta herbácea gigante, monocotiledónea, de la familia *Musaceae*. En el género *Musa*, subgénero *Eumusae*, se encuentran las especies en cultivo; entre ellas *M. acuminata* Colla y *M. balbisiana* Colla son las que han dado origen a las variedades productoras de frutos para consumo en fresco y cocinado.

El desarrollo de la planta es muy rápido, pero de vida media muy corta, no superando los dos años; pero de sus rizomas se producen hijuelos que sustituyen al tallo principal, haciendo posible la continuidad del cultivo.

De forma simplificada puede decirse que la platanera consta de cuatro partes: cabeza, raíces, seudotallo y hojas. La *cabeza* es el rizoma, que permanece enterrado y del que surge el tallo por su interior cuando la planta es adulta. Anualmente brotan de él 8-9 yemas, situadas en las axilas de las hojas, que dan lugar a otros tantos *hijuelos*; uno de ellos (en algunos casos dos) se deja crecer para continuar el cultivo (Foto 18.1). Del *rizoma* surgen, también, las *raíces*, redondeadas y blancas, de las que emergen, a su vez, centenares de raicillas que crecen a pocos centímetros de profundidad, conformando todo ello una densa cabellera radical. El conjunto de las vainas foliares, superpuestas y muy apretadas, constituye el *seudotallo* o falso tronco (Foto 18.1). Las *hojas* poseen un limbo de gran tamaño, entre 1,5 y 4 m de largo y 0,5-1 m de ancho en su fase adulta (Foto 18.1); su número es variable según cultivares y condiciones de medio y su conjunto conforma, finalmente, la *copa* de la planta.

Cuando en el meristemo apical cesa la diferenciación de hojas, se inicia la diferenciación floral. La inflorescencia, portada por el tallo floral que asciende por el

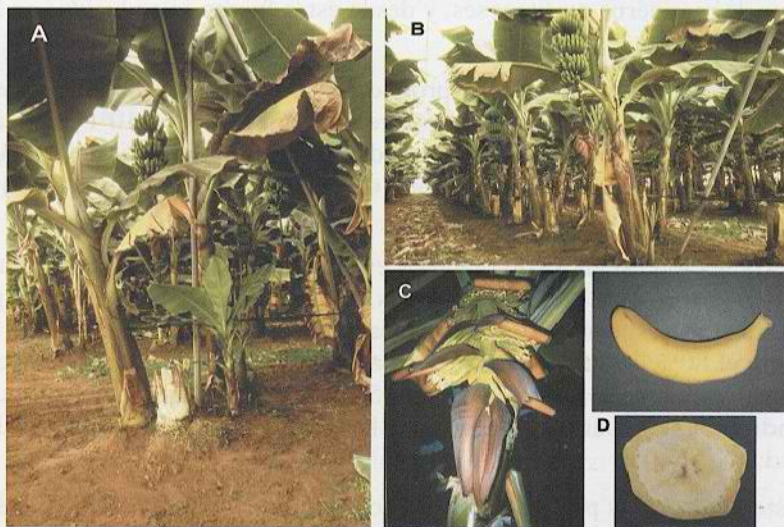


Foto 18.1. Planta adulta de platanera con restos de la planta anterior e hijuelo (A), plantación con la cosecha presente (B), inflorescencia (C) y fruto y sección del mismo mostrando el epicarpo y el mesocarpio (D).

interior del seudotallo, aparece en la cima de la planta, y progresivamente, va cediendo por su propio peso, curvándose hacia el suelo. Está formada por un número variable de dobles hileras de flores llamadas *manos*, protegidas por *brácteas* de color rojo violeta que se van enrollando sobre sí mismas, empezando por las más basales de la inflorescencia, dejando al descubierto los futuros plátanos, llamados dedos (Foto 18.1). Todas las flores son hermafroditas, pero las situadas en la base de la inflorescencia (de 9 a 12 manos) son de dominancia femenina. Estas son de ovario ínfero, trilocular, con los óvulos dispuestos en 2 ó 4 filas en cada lóculo; poseen un perigonio de 5 segmentos fundidos en uno, estigma, estilo y 5 estambres atrofiados, sin anteras; estas flores son las que dan los frutos comestibles. A ellas siguen las flores plenamente hermafroditas que pueden dar frutos, pero generalmente pequeños, mal formados y sin valor comercial. En el extremo de la inflorescencia se encuentran las flores de dominancia masculina; éstas poseen un ovario atrofiado, con estigma y estilo pequeños, y 5 estambres con anteras bien desarrolladas, con polen (cuando lo producen) muy pegajoso.

Los *frutos* son una baya alargada, en la que el epicarpo es la corteza y el mesocarpo la pulpa (Foto 18.1). En general son partenocárpico y, por tanto, no poseen semillas, debido a la falta de producción de polen. Algunos cultivares destinados al consumo en fresco son triploides de *M. acuminata*.

Las **variedades** cultivadas más importantes pertenecen al Subgrupo 'Cavendish'. Entre ellas cabe destacar las siguientes:

- *Cavendish enana*. Es la variedad más cultivada en Canarias. Entre sus características positivas destacan su buena resistencia al viento, permitir una elevada densidad de plantación (1.800-2.000 plantas/ha) que da lugar a una elevada productividad (60-75 t/ha y año), y una excelente calidad del fruto. Sus mayores inconvenientes son el reducido tamaño del fruto, la sensibilidad de éste a golpes y rozaduras que lo hacen ennegrecer rápidamente, su irregular producción, con racimos que pueden variar entre 7 y 17 manos y entre 10 y 60 kg, y la reducida separación entre hojas que ahoga y dificulta la salida de racimos, sobre todo en invierno. De esta variedad se conocen diversas mutaciones, algunas de ellas cultivadas en Canarias, como 'Johnson' y 'Gran Enana'.
- *Gran Enana*. Es el cultivar más plantado en el mundo. Se cultiva intensamente en Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Guatemala, Honduras, Martinica y Panamá; en Canarias se cultivan más de 3.000 ha. Su bajo porte hace que resista bien al viento y permite plantaciones de elevada densidad, por lo que su expansión va en aumento. Es más alto que la 'Pequeña Enana', en torno a 0,5-1,5 m, y más productivo. Sus características más importantes están resumidas en la tabla 18.1.

Dentro del subgrupo Cavendish son también destacables 'Gruesa', 'Johnson' y 'Williams'. Las dos primeras se cultivan a pequeña escala en Canarias, la tercera,

que produce frutos de gran calidad y es menos exigente en condiciones climáticas, se cultiva en Israel, Nueva Zelanda y Sudáfrica. 'Nanicão' y 'Nanica' se cultivan, sobre todo, en Brasil.

Otros cultivares del subgrupo Cavendish de mayor porte que los señalados anteriormente son:

- *Poyo*. También denominada 'Robusta'. Variedad de desarrollo medio, con frutos de buen tamaño, excelente coloración y sabor, y corteza muy resistente. Es, por el contrario, vulnerable al viento. Se cultiva en Costa de Marfil, Camerún, Martinica y Guadalupe, desde donde se exporta a Europa. Sus principales características se han resumido en la tabla 18.1.
- *Lacatán* o *Valery*. Planta de porte muy alto que sustituyó a la variedad 'Gros Michel' por su resistencia al *F. oxysporum*, cuando este último cultivar desapareció, por su alta susceptibilidad a este hongo, de las plantaciones comerciales en la década de los años 1960. Sus frutos son de gran calidad, pero su ciclo vegetativo es muy largo (14-15 meses) y exige marcos de plantación muy anchos. Hoy en día ha sido mayormente sustituido por 'Gran Enana'. Sus principales características se han resumido en la tabla 18.1.

Fuera del subgrupo 'Cavendish' destaca, por su interés histórico, el cv. 'Gros Michel'

- *Gros Michel*. Este cultivar fue la base de la exportación de Latinoamérica desde comienzos del siglo xx hasta los años 1960. Hoy en día apenas se cultiva por su alta sensibilidad a *Fusarium oxysporum* (mal de Panamá). Variedad de porte muy alto, produce frutos de excelente calidad y de gran resistencia al manipulado y transporte, aunque de sabor ligeramente áspero cuando no está plenamente maduro. Muy sensible al viento. Sus principales características están resumidas en la tabla 18.1.

TABLA 18.1

Principales características vegetativas y de los frutos de las variedades de plátano más importantes

	Poyo	Gros Michel	Lacatán	Gran Enana
Planta.: Altura (m)	2,5-4,0	5,0-8,0	4,0-5,0	2,9-3,1
Circunferencia (m)	1,2-1,3	1,3-1,5	1,2-1,3	1,2-1,3
Hojas: Largo (m)	2,0-2,2	3,0-4,0	2,8-3,2	1,0-1,1
Ancho (cm)	78-84	8-11	75-78	24-25
Racimo: Peso (kg)	20-45	25-40	25-55	20-45
Manos (n°)	8-12	9-15	6-11	9-10
Fruto: Largo (cm)	15-26	16-25	16,25	23-25
Ø (mm)	30-51	33-43	35-48	35-45

Adaptado de Manica, 1997.

1.2. Adaptación ecológica

La platanera es una planta de clima tropical que se adapta perfectamente a climas subtropicales de inviernos libres de heladas. Su hábitat natural se encuentra entre los 20° N y 20° S. Es muy exigente en temperatura, de modo que vegeta continuamente en zonas con temperaturas medias mensuales entre 16 y 37° C, pero por debajo de 20° C su desarrollo vegetativo se ve sensiblemente reducido y el fruto aumenta hasta casi el doble su periodo de crecimiento (de 90 días hasta más de 175).

Las necesidades hídricas de esta planta son muy elevadas. En Canarias, y para plantaciones de 1.800-2.000 plantas/ha, éstas se han calculado en 10.000-12.000 m³/ha y año bajo sistemas de riego localizado. La falta de agua provoca el plegamiento de las hojas sobre sí mismas y si el periodo de carencia es muy prolongado, los pecíolos se doblan y se caen sobre la cepa, amarillean y se secan.

Precisa de suelos profundos (150-200 cm), aunque también puede crecer en suelos poco profundos (30-50 cm) si son de textura franco-arcillosa y poseen buena capacidad de retención de agua. Las sorribas canarias tienen del orden de 80 cm de tierra con un excelente drenaje.

Las exigencias en materia orgánica de esta planta también son muy elevadas. Es por ello que se incorporan al suelo las cepas y hojas viejas. Las vainas, cabezas y hojas forman una cubierta en la que la flora bacteriana ve facilitada su acción por el agua que poseen estos órganos, lo que facilita su fermentación al mismo tiempo que reduce la pérdida de humedad del suelo.

La temperatura es un factor decisivo de la productividad. Así, en el suroeste de Tenerife se obtienen 3 cosechas cada 2 años, mientras que en la parte norte de la isla, con temperaturas inferiores y similar altitud, sólo se consigue una cosecha por año.

El viento es el enemigo abiótico más importante de esta especie. Dada su estructura, su resistencia a la rotura de hojas, y también de cepas, es escasa. El primer síntoma de los daños por el viento es la laceración de la hoja, con rotura de su limbo hasta la nerviadura central, de modo que queda con cortes paralelos a modo de peine, lo que reduce su actividad fotosintética. Los vientos cálidos, además, deshidratan hojas, cepas y racimos, quemando estos últimos y reduciendo el peso y la calidad de los frutos. Si su velocidad es muy elevada (≥ 80 -90 km/h) puede llegar a tirar las plantas, pudiendo anular la cosecha del año.

En general, la actividad de la planta se reduce con la altitud, al mismo tiempo que se prolonga el periodo de formación del fruto como consecuencia de la inherente reducción de la temperatura. En Canarias se ha evaluado un retraso de 4 semanas en dicho periodo y una pérdida de 4 kg/racimo, aproximadamente, por cada 100 m de altitud.

1.3. Nutrición. Fertilización

Las extracciones de elementos minerales por planta de platanera se han evaluado en 2,0 kg de N, 0,6 kg de P_2O_5 y 6,4 kg de K_2O por tonelada de fruto. Asimismo, las extracciones de CaO y MgO alcanzan 0,2 kg/t y 0,5 kg/t, respectivamente; las extracciones de Fe (18 g/t), Zn (10 g/t), Mn (10 g/t) y Cu (4 g/t) son más reducidas.

Los contenidos foliares de las plataneras han sido establecidos para algunas variedades y resumidos en la tabla 18.2.

TABLA 18.2

Concentraciones foliares de elementos minerales en variedades de platanera en plena producción. Valores expresados en % o mg/kg de materia seca

Elemento	Variedad		Concentración	
	Nanica	Nanicão	Adecuada	Deficiencia aguda
N (%)	2,20-2,99	1,61-3,19	2,60	1,50
P (%)	0,19-0,23	0,16-0,25	0,20	0,09
K (%)	2,81-3,60	2,42-4,11	2,75	2,08
Ca (%)	0,51-1,00	0,20-1,94	1,00	0,53
Mg (%)	0,29-0,59	0,16-0,59	0,36	0,12
S (%)	0,04-0,20	0,03-0,22	—	—
Cl (%)	0,80-1,31	0,46-1,47	—	—
B (ppm)	5,0-18,0	4,0-28,0	—	—
Cu (ppm)	7,6-11,9	3,7-16,7	—	—
Fe (ppm)	70-651	34-651	—	—
Mn (ppm)	634-1323	119-1323	—	—
Mo (ppm)	0,06-0,49	0,03-1,25	—	—
Zn (ppm)	14,3-27,7	14,0-29,7	—	—
Al (ppm)	43-628	28-956	—	—
Na (ppm)	141-206	120-290	—	—

Fuente: Manica, 1997.

Manica (1997) recomienda, para las variedades 'Nanicão' y 'Grande Naine', cultivadas en Brasil, el programa de fertilización presentado en la tabla 18.3.

TABLA 18.3

Programa de fertilización para las variedades de plátano 'Nanicão' y 'Grande Naine', en las condiciones climáticas de Brasil y para una densidad de plantación de 2.500 plantas/ha

Año	Tipo de abono	Cantidad (Kg/ha)	Epoca de aplicación
1	N	340-420	Dividido en 6 veces
	P_2O_5	80-100	Al plantar
	K_2O	1.500-1.700	En 4 veces

Año	Tipo de abono	Cantidad (Kg/ha)			Epoca de aplicación
		Producción (t/ha)			
		25	50	75	
2 y sgtes.	N	82	164	246	Dividido en 6 veces
	P ₂ O ₅	20	32	45	Una aplicación
	K ₂ O	270	540	810	Dividido en 3 veces
	CaO	31	62	93	Una aplicación
	MgO	22	44	66	Una aplicación

Fuente: Manica, 1997.

En Canarias, los programas de fertilización recomendados incluyen 350 g/planta de N, 200 g/planta de P₂O₅ y 450 g/planta de K₂O, uniformemente distribuidos, en 6-7 aplicaciones, desde principios de febrero a finales de agosto, y siempre junto con los riegos.

1.4. Plagas

El cultivo de la platanera posee dos plagas importantes, generalizadas en todo el mundo: un coleóptero y un lepidóptero.

- *Picudo del bananero*. Es el coleóptero *Cosmopolites sordidus* Germ., de color negro, pequeño (4 mm de longitud), cuya larva, ávida y blanca, excava extensas y profundas galerías en el rizoma del que se alimenta. El ciclo de la larva varía entre 24 y 70 días, dependiendo de las condiciones térmicas, y una hembra puede poner hasta 30 huevos a razón de 5-10 por mes. Para su control, se cortan las cepas de platanera y se preparan trozos de tallo de 20-30 cm de altura, se seccionan longitudinalmente y se aplican productos químicos sobre la sección medular, dejándolas a continuación en contacto con el suelo para que sean invadidas por el insecto.
- *Opogona sacchari* Bojer. Es un lepidóptero cuyo adulto tiene unos 25 mm de envergadura, de color amarillo-castaño. El daño lo producen las orugas, que atacan a los frutos, abriendo galerías por la pulpa y destruyéndolo. El ciclo completo de este insecto, en condiciones térmicas adecuadas, es de 60-90 días. Su control es preventivo, mediante la aplicación de los mismos productos utilizados para el picudo.

1.5. Enfermedades

Las principales enfermedades que atacan a las plataneras se resumen a continuación.

- *Mal de Sigatoka* o *cercosporiosis* (*Sigatoka amarilla*). Está producido por el hongo *Mycosphaerella musicola* Leach, en su fase sexual, perfecta, ascospórica, denominado *Cercospora musae* Zimm. en su fase imperfecta, ase-

xual, conidial. Los daños se detectan en las hojas, con una primera fase de clorosis en franjas amarillas paralelas a las nerviaduras secundarias, seguida de su necrosis y de la aparición posterior, en el centro de ésta, de una mancha blanca que es seguida de otras que van confluyendo hasta ocupar todo el limbo; finalmente ataca a los frutos que no crecen y se deforman.

Para su control se utilizan diversos fungicidas sistémicos en pulverización, mezclados o no con aceites minerales. En las grandes extensiones planas, éstos se efectúan aéreos.

- *Sigatoka negra*. El agente causal es el hongo *Mycosphaerella fijensis* Morelet, en su fase imperfecta *Pseudocercospora fijensis* (Morelet) Deighton. Es mucho más virulenta, ataca a mayor número de variedades y causa mayores daños que la *Sigatoka amarilla*. Las esporas penetran en las hojas más jóvenes, se instalan y germinan en presencia de agua. Produce puntos oscuros de coloración pardo-amarillenta en el envés de las hojas, que van creciendo y originando estrías, inicialmente coloreadas y posteriormente pardas, que coalescen y ocupan toda la hoja. La reducción de la superficie foliar activa es muy rápida, el número de *manos* y de frutos se reduce, así como el tamaño de éstos; en algunos casos se produce la muerte de la planta.

El control de esta enfermedad se lleva a cabo del mismo modo que la cercosporiosis, si bien es mucho más caro dada la agresividad de este hongo; en algunas áreas de América central se llegan a realizar hasta 40 aplicaciones anuales a intervalos semanales.

Ninguno de los dos tipos del mal de Sigatoka se encuentran presentes en Canarias ya que requieren elevadas temperaturas y alta humedad. En los casos de cultivo en invernadero es aún más difícil su expansión ya que se trata de patógenos que se dispersan por viento y salpicaduras

- *Mal de Panamá o fusariosis*. Originada por el hongo *Fusarium oxysporum* D. Smith, en su fase imperfecta *F. cubense* Snyder & Hansen, ataca a hojas, sobre las que produce una franja amarillenta a lo largo de su borde, que avanza hacia la nerviadura central, a frutos, que ven reducido su tamaño, se deforman y maduran irregularmente, a rizomas, en cuyo interior producen decoloraciones en los haces vasculares y obstrucción de éstos, y a raíces, a las que invaden totalmente dándoles una coloración oscura y provocando su decaimiento inicial y la destrucción de todo el sistema radicular.

No existen métodos de lucha química frente a este hongo, pero los cultivares del Subgrupo 'Cavendish' presentan buena tolerancia, al menos en condiciones subtropicales. El mejor método de lucha, al igual que en el caso del complejo Sigatoka, es el cultivo de variedades resistentes

- Otros hongos del género *Ceratocystis*, *Colletotrichum*, *Botryodiplodia*, *Verticillium*,... producen pudriciones del fruto o de su pedúnculo, con incidencia

y distribución variables según el área de cultivo, clima, variedad, etc. Su control no es distinto al señalado para los anteriores.

- **Nematodos.** Las plataneras son también atacadas por estos organismos, que producen decaimiento general y hasta la muerte de la planta. Entre ellos el más importante es el *Radopholus similis*, nematodo cavernícola que produce lesiones muy profundas en las raíces; también pueden presentar importancia el *Meloidogyne incognita* y el *M. javanica*, que forman agallas en las raíces. En Canarias, donde no existe el *Radopholus*, su control se lleva a cabo incrementando la materia orgánica en el suelo o en su caso con nematicidas. La lucha contra *Radopholus similis* consiste en mezclarlos con fungicidas cúpricos, o arrancando las plantas atacadas y quemándolas, desinfectando el suelo antes de plantar de nuevo con plantas procedentes de cultivo *in vitro*.
- **El virus del mosaico**, también conocido como virus A del pepino, ataca a las plataneras produciendo franjas amarillentas en las hojas viejas que se extienden desde el nervio central hacia los bordes del limbo. Este virus se transmite por vectores (los pulgones *Aphis gossypii*, *A. maydis* y *A. cracciovora*) y mecánicamente; no existe control eficaz del mismo. Existen otros virus de importancia como el *Bunchy top* o el *Banana black streak*, cuyo control eficaz sólo es posible por vía de exclusión, si bien la utilización de plantas certificadas dificulta, al menos, su difusión.

1.6. Prácticas culturales

- **Propagación.** Las plataneras de frutos comestibles se propagan vegetativamente. Cuando brota del rizoma una nueva yema, origina una plántula que puede ser separada y cultivada. También pueden plantarse rizomas, o partes de éstos, para provocar la brotación de sus yemas y obtener nuevas plantas. En las plantaciones modernas sólo se utilizan plantas procedentes de cultivo *in vitro*.
- **Deshijado.** Consiste en la selección adecuada, por medios mecánicos o químicos, del *hijuelo* y es de vital importancia, ya que de su adecuada elección depende la obtención de un racimo por planta y ciclo. Debe efectuarse atendiendo a las condiciones fenológicas, climáticas y de mercado; en Canarias se realiza eliminando, hasta la primavera, los hijos producidos y orientando la selección hacia plantas que tengan, a comienzos de verano, una altura entre 0,5 y 1,2 m, según vertientes y cultivares (Galán Saúco, 1992).
- **Desflorillado.** Consiste en la eliminación de los restos de las flores femeninas un mes después, aproximadamente, de la emisión de la inflorescencia, con el fin de evitar infecciones fúngicas. En algunos cultivares, como 'Gran Enana' y otros de mayor porte, no es necesario realizarlo en el campo, pudiendo esperar a la llegada a la central hortofrutícola. Esta labor se efectúa manualmente.

- *Corte del raquis*. La parte terminal del raquis del racimo (ver Foto 18.1) se elimina con el fin de mejorar el desarrollo de éste, evitar infecciones y mejorar el aspecto comercial del producto.
- *Aclareo*. Se efectúa, normalmente, eliminando la última o dos últimas manos del racimo. Con ello se consiguen incrementos entre el 10% y el 15% en el tamaño medio de los frutos. Esta operación no se efectúa en Canarias.
- *Encañado*. En muchos casos, para compensar el peso de los racimos, que se curvan y decaen, y evitar los daños propios, se recurre al encañado de los mismos.
- *Embolsado*. Consiste en la colocación de bolsas de polietileno en los racimos durante el invierno, tras el *desflorillado*, para reducir el intervalo floración-cosecha y mejorar el rendimiento y la calidad del fruto, así como para proteger el racimo del ataque de insectos y del viento. Las bolsas son cilíndricas, se cortan según el tamaño del racimo, pero no se cierran. Antes del embolsado suele realizarse un tratamiento insecticida.
- *Riego*. La platanera es una especie de grandes necesidades hídricas, particularmente durante la primavera y el verano. Si bien en los trópicos húmedos el riego puede ser innecesario cuando la pluviometría es abundante y está bien distribuida, las plantaciones modernas de las zonas subtropicales, como las de España (Canarias), Israel, Australia y Sudáfrica, disponen de riego localizado, aunque todavía existen muchas con sistemas de riego por aspersión e inundación. El consumo diario de agua de este cultivo varía entre 5 mm/día, en días soleados, y 1,9 mm/día, en días nublados, pero aumenta con la temperatura, llegando hasta duplicar estas cifras cuando supera los 30° C. El coeficiente de cultivo de la platanera oscila entre de 0,5 a 1,0 según la estación, año y densidad de plantación.

1.7. Referencias bibliográficas

- Hernández Gómez, G. 1991. *Los plátanos*. G. Hernández, Ed. G. Hernández, Barcelona, España
- Champion, J. 1968. *El plátano*. 2.ª ed. Blume. Barcelona. España
- Galán Saúco, V. 1992. *Los Frutales Tropicales en los Subtrópicos. II. Plátano (Banano)*. Mundi-Prensa. Madrid. España
- Manica, I. 1997. *Fruticultura tropical 4. Banana*. Cinco Continentes. Ed. LTDA., Porto Alegre. Brasil.
- Soto, M. 1985. *Bananas. Cultivo y comercialización*. LIL (imp.) San José. Costa Rica.
- Stover, R. H., y Simmonds, N.W. 1987. *Bananas*. 3.ª ed. Longmans. New York. USA.
- Robinson, J. C. 1996. *Bananas and Plantains*. CAB International. Oxon. UK.

2. El aguacate

El origen de esta especie se sitúa en el área entre México y Guatemala. Estudios arqueológicos han determinado su presencia en México y Perú unos 8.000 y 4.000 años a.C., respectivamente. A Europa no llega hasta el siglo XVII. Clusius, en

su obra *Rariorum plantarum* (1601), lo describe a partir de un árbol existente en el jardín Botánico de Valencia.

Según datos de FAOSTAT de 2002, la producción mundial de aguacates es de $2,5 \times 10^6$ t al año, siendo México (900×10^3 t), EE.UU. (200×10^3 t), Indonesia (150×10^3 t), República Dominicana (145×10^3 t), Colombia (140×10^3 t) y Chile (130×10^3 t) los principales productores. En España se cultivan alrededor de 9.000 ha, con una producción de unas 68×10^3 t. Andalucía produce más del 80%, seguida de las Islas Canarias (12%). La exportación alcanza las 40×10^3 t anuales.

El estudio del cultivo del aguacate ha sido revisado por Galán Saúco (1990) y Calabrese (1992).

2.1. Características botánicas y agronómicas

El aguacate, *Persea americana* Mill, pertenece al Orden *Laurales*, familia *Lauraceae*. Es un árbol vigoroso (Foto 18.2), que puede alcanzar hasta los 20 m de altura, de hoja perenne, aunque algunos cultivares pierden casi todas las hojas durante la floración. Su sistema radicular es superficial (≤ 50 cm de profundidad) y está formado por una raíz principal corta y débil, careciendo de pelos radicales visibles. Hojas grandes ($3\text{-}10$ cm \times $5\text{-}20$ cm), de color verde oscuro, brillantes en el haz y con el envés ligeramente pubescente, y ápice más o menos agudo según la variedad (Foto 18.2). Tronco robusto, de corteza suberosa y agrietada; ramas de color verde pálido, vigorosas, de corteza ancha y de color pardo. El crecimiento anual se produce en flujos a partir de la yema apical de las ramas.

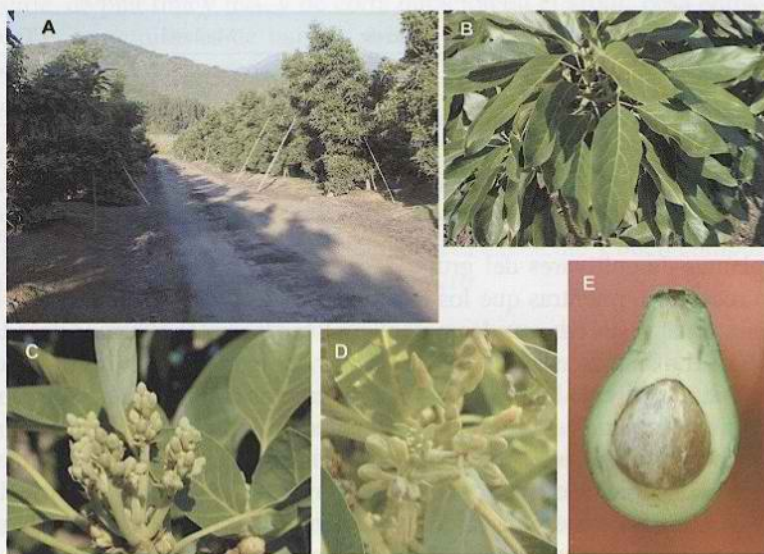


Foto 18.2. Arboles (A), hojas (B), inflorescencias (C), flores (D), fruto y semilla (E) de aguacate.

Las flores se agrupan en panículas situadas en posición terminal o subterminal en el último crecimiento vegetativo (Foto 18.2). Las flores poseen un periantio formado por seis piezas, tres que semejan pétalos y otras tres que hacen las funciones de sépalos, muy similares entre sí, de color verde pálido o amarillento (Foto 18.2); tienen 12 estambres, pero sólo 9 tienen anteras funcionales, un pistilo único con un solo carpelo y un solo óvulo. En climas subtropicales la floración se produce al inicio de la primavera.

La floración de esta especie es muy característica. El aguacate presenta *dicogamia*, ya que las partes femeninas y masculinas de una misma flor maduran en momentos diferentes, *sincronía diurna*, ya que todas las flores abiertas de un árbol actúan como masculinas en un periodo del día y como femeninas en otro, y *protoginia*, ya que en cada árbol la apertura de la flor como femenina es anterior a la apertura como masculina. Pero si los periodos de funcionamiento de la fase femenina y masculina de la flor fuesen los mismos en todos los cultivares, nunca existiría polinización; lo que ocurre en realidad es que existen dos tipos de cultivares de aguacate, A y B, con funcionalidad floral no coincidente, de modo que cuando las flores del grupo A tienen el estigma receptivo las del grupo B están liberando polen, y viceversa; lo que hace posible la polinización cruzada. Este comportamiento sólo se produce de forma regular bajo condiciones de clima cálido (25° C/15° C, día/noche, respectivamente); esquemáticamente es como sigue:

Comportamiento floral del aguacate

Tipo floral	Día 1		Día 2	
	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde
A	♀	Cerrada	Cerrada	♂
B	Cerrada	♀	♂	Cerrada

Flor en fase ♀: Los estambres están separados y el estigma, blanco y receptivo, queda libre.

Flor en fase ♂: Los estambres rodean al estigma, ahora de color marrón.

El mecanismo de actuación biológica es el siguiente: por las mañanas las flores de las plantas de cultivares del grupo A se abren y tienen el estilo erecto con el estigma receptivo, mientras que los estambres están doblados, inclinados hacia la zona ecuatorial y sin desprender polen, y al mediodía se cierran; pasadas 24 h (mediodía del día siguiente) se vuelven a abrir, teniendo ahora el estigma de color marrón y sin receptividad, pero los estambres erectos con los sacos polínicos abiertos y liberando polen. Las flores de las plantas del grupo B se abren por primera vez al mediodía con la parte femenina receptiva, pero con los estambres inclinados e inactivos; las flores se cierran a la caída de la tarde para volver a abrirse 12 horas después comportándose de forma contraria a la primera apertura. De este modo se asegura la polinización cruzada entre los cultivares de los grupos A y B. En algunas condiciones, como ocurre en la Cuenca Mediterránea, puede tener lugar la altera-

ción de las fases florales dando lugar a la presencia de flores funcionales femeninas y masculinas en el mismo árbol y al mismo tiempo, permitiendo la fecundación de ovarios a partir de polen del mismo árbol o del mismo cultivar. Pero lo que resulta muy improbable es que una flor pueda fecundarse a sí misma.

El fruto es una drupa de una sola semilla (Foto 18.2) que crece por división celular hasta etapas muy avanzadas de su desarrollo e incluso tras su fecha apropiada de recolección. Su peso varía entre 100 g y 3 kg, es de forma esférica o piriforme, corteza desde fina y sensible a gruesa, granulosa y resistente, y de color variable, desde verde, más o menos amarillento, a negro. Posee un elevado contenido en grasas (3%-30%) y moderado en proteínas (1%-4%) e hidratos de carbono (1%-7%), y alto valor calórico (200 kcal/100 g); es rico en vitaminas A, B₆, E y C.

De acuerdo con el origen de las plantas, se han establecido tres razas, la mejicana, la guatemalteca y la antillana, de las que derivan las variedades comerciales. Las más importantes en lugares subtropicales y templados, por orden de maduración, son:

- *Ettinger*. Híbrido de raza guatemalteca × mejicana y perteneciente al grupo floral B. Arbol erecto, vigoroso y de buena producción. Fruto piriforme, de piel fina, lisa y de color verde brillante; su mantenimiento en el árbol no supera los 2 meses. En el Mediterráneo madura a partir de octubre.
- *Bacon*. Híbrido de raza mejicana × guatemalteca, perteneciente al grupo floral B. Arbol vigoroso, alto, de porte erecto y resistente al frío. Fruto ovalado, verde, de piel fina y lisa, y de corta duración en el árbol; pesa entre 175 g y 350 g, su semilla es de tamaño medio y su calidad gustativa es mediocre. Madura en octubre-noviembre.
- *Fuerte*. Es un híbrido de raza mejicana × guatemalteca, perteneciente al grupo floral B. Arbol vigoroso, de porte ancho y extendido, muy sensible a las bajas y altas temperaturas, especialmente durante el cuajado. Fruto piriforme, de piel lisa, de grosor moderado y verde; peso entre 175 y 400 g, semilla de tamaño medio, calidad gustativa excelente y buen comportamiento poscosecha. Madura en diciembre-enero.
- *Hass*. Aguacate de raza guatemalteca, proviene de la propagación de una semilla, pertenece al grupo floral A. Es la variedad más cultivada en el mundo; en España representa más del 60% de la superficie. Arbol de porte moderadamente extendido, muy sensible a las bajas temperaturas y al calor, es muy productivo pero con tendencia a la alternancia. Fruto ovoide, de piel muy rugosa y color café (Foto 18.3), de 180-250 g de peso, semilla de tamaño pequeño a medio y de gran calidad gustativa; su conservación en el árbol (≥ 3 meses) y comportamiento poscosecha son excelentes. Empieza a madurar a principios de febrero.

2.2. Adaptación ecológica

En el subtrópico, las temperaturas óptimas para que se manifieste la dicogamia son las próximas a 25° C durante el día y no inferiores a 16° C durante la noche; en días cubiertos y con temperaturas inferiores a 21° C el funcionamiento floral es anómalo. Por otra parte, la temperatura es determinante en el proceso de cuajado; así, valores superiores a 36° C lo reducen notablemente, y valores inferiores a los 16°-17° C provocan la desorganización del saco embrionario dando lugar a frutos partenocárpicos, más pequeños y alargados, denominados paltines (Foto 18.3), y que, no obstante, tienen una cierta demanda comercial. El frío daña con facilidad hojas y frutos, haciéndolos inservibles para el consumo (Foto 18.3). Finalmente, estas plantas exigen un corto período de frío ($\approx 10^{\circ}\text{C}$) para promover la inducción floral.



Foto 18.3. Fruto de aguacate cv. 'Hass' en el momento de la recolección (verde) y 20 días después (maduro) (A). Paltines o frutos sin semilla (B). Frutos y hojas afectados por el frío (C). Síntomas en el fruto de golpe de sol (D).

Con altas temperaturas el fruto puede dañarse por *golpe de sol* (Foto 18.3) siendo éste el daño abiótico más importante de esta especie.

El aguacate es, también, exigente en HR y cuando ésta desciende por debajo del 50% se produce el desecamiento del estigma que dificulta la germinación del grano de polen. Por el contrario, tiene una amplia adaptación a la pluviometría, pudiéndose cultivar, sin riesgos, en zonas con precipitaciones entre 665 y 2.000

mm/año; si éstas son irregulares o no se alcanzan es necesario el riego, particularmente desde el cuajado hasta la recolección.

Esta especie es muy sensible a la asfixia radical, por lo que exige terrenos con un buen drenaje y de textura equilibrada. Suelos con un 50-55% de elementos finos y 45-50% de arena son adecuados para su cultivo, siempre que la circulación del agua esté bien regulada.

La banda óptima de pH para el cultivo del aguacate oscila entre 5,5 y 6,5, originándose deficiencias, sobre todo de Fe (clorosis) y de cinc, en los suelos de reacción alcalina.

Finalmente, el aguacate es una especie particularmente sensible a la salinidad. No tolera concentraciones de Cl^- superiores a 150-350 ppm, dependiendo de la raza, siendo la mejicana la más sensible y la antillana la más resistente. En cuanto al Na, valores de SAR > 4 se consideran dañinos. En general, para aguas con una salinidad superior a 1,8 dS/m se han señalado reducciones del rendimiento, que llegan hasta el 50% para 3,7 dS/m.

2.3. Nutrición. Fertilización

Las extracciones medias anuales, en kg/ha, de diversas variedades de aguacate y para una producción media de 10 t/ha, se han cifrado en:

74 kg de N	14 kg de Ca
37 kg de P_2O_5	8 kg de Mg
92 kg de K_2O	

Los análisis foliares, de hojas del año, de 5-7 meses de edad, tomadas de ramas sin fruto, se presentan en la tabla 18.4.

TABLA 18.4

Niveles foliares de elementos minerales del aguacate. Valores referidos a materia seca

	Deficiencia	Óptimo	Toxicidad
N (%)	< 1,6	1,6-2,0	> 2,0
P (%)	< 0,05	0,08-0,25	> 0,3
K (%)	< 0,35	0,75-2,0	> 3,0
Ca (%)	< 0,5	1,0-3,0	> 4,0
Mg (%)	< 0,15	0,25-0,80	> 1,0
S (%)	< 0,05	0,20-0,60	> 1,0
B (ppm)	10-20	50-100	> 100
Fe (ppm)	20-40	50-200	?
Mn (ppm)	10-15	30-500	> 1.000
Zn (ppm)	10-20	30-150	> 300
Cu (ppm)	2-3	5-15	> 25
Mo (ppm)	< 0,01	0,05-1,0	?
Cl (%)	?	0,07-0,23	> 0,25
Na (%)	—	?	> 0,25

Fuente: Calabrese, 1992.

La fertilización del aguacate, como en otros frutales, depende del tipo de suelo, de la edad de la planta y de la variedad en cultivo. En Italia, las aportaciones medias recomendadas en función de la edad del arbolado y para un suelo bien dotado de fertilidad natural, son las de la tabla 18.5.

TABLA 18.5

Fertilización (g/árbol y año) de plantaciones de aguacate según la edad del arbolado

Año	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
2	60-90	30-40	60-90
3-4	130-200	60-100	130-200
5-7	230-300	120-150	230-300
8-9	350-380	150-180	350-380
10-14	450-500	200-250	450-500
> 14	500-750	250-350	500-750

Fuente: Calabrese, 1992.

2.4. Plagas

En el Mediterráneo el aguacate es una especie muy poco atacada por insectos y ácaros. En la práctica apenas se conocen plagas de esta especie y tan sólo el cóccido *Propulvinaria piriformis* Cockerell, que se sitúa en el envés de las hojas, tiene cierta importancia. En California, se han visto algunos ataques esporádicos de ácaros, como el de *Oligonychus punicae* Hirst (ácaro del aguacate) y el *Eotetranychus sexmaculatus* Riley, que afecta a las hojas (haz y envés, respectivamente) que pueden caer, y el trips *Heliothrips haemorrhoidalis* Bouché, que ataca a hojas y frutos sobre el que produce unas manchas coriáceas de color marrón oscuro. Algunos coleópteros y lepidópteros se han registrado también como plagas del aguacate, pero con escasa importancia.

2.5. Enfermedades

Las enfermedades fúngicas más importantes del cultivo del aguacate son las producidas por *Phytophthora cinnamoni*, *Verticillium albo-atrum* y *Rosellinia necatrix*. El hongo invade las raíces hasta pudrir las y en el caso del *V. albo-atrum*, además, se impide el libre movimiento del agua por el xilema. Los síntomas en las raíces son los característicos de este tipo de infecciones, que también producen marchitamiento de las hojas y debilitamiento general del árbol.

De entre las virosis, la más importante es el *sun blotch*, que aunque haga referencia a manchas solares, no debe confundirse con los daños producidos por los golpes de sol. Esta enfermedad está producida por un viroide que se transmite por semilla, injerto e incluso a través del polen. Produce estrías longitudinales amarillas sobre brotes y hojas; en las ramas y tronco da lugar a estrías que contrastan con la corteza lisa de los árboles sanos; en los frutos da lugar a depresiones, estrechas y

alargadas, de color amarillo, salvo en las variedades de frutos de color oscuro que son de color rosáceo. Otras enfermedades de tipo viral, como *stem-pitting*, que ataca al tronco, *black-streak*, que produce exudaciones gomosas en las zonas de inserción de las ramas, *corking*, que produce el «acorchado» en zonas de la corteza de fruto, *end spotting*, o manchado de la zona estilar del fruto,... han sido detectadas en el cultivo del aguacate, pero con escasa importancia.

2.6. Patrones

La mayoría de las plantaciones de aguacate están sobre plantas procedentes de semilla, lo que confiere un elevado grado de heterogeneidad a las mismas. La razón es la dificultad de enraizamiento de esta especie por estaca. A pesar de ello, se conocen las características más relevantes de las tres razas de *P. americana*, mejicana, guatemalteca y antillana (Tabla 18.6), que pueden servir de base para la selección de portainjertos. Existen también portainjertos de origen clonal, pero en este caso las plantas son más costosas.

TABLA 18.6
Principales características frente a enfermedades y factores del medio
de las tres razas de aguacate

Portainjerto	Tolerancia a				
	<i>P. cinnamomi</i>	Cloro	Caliza	Heladas	Asfixia
Raza mejicana	mínima	120-150 ppm	discreta	buena	escasa
Raza guatemalteca	mínima	200-250 ppm	escasa	media	—
Raza antillana	mínima	300-350 ppm	buena	escasa	mínima

Fuente: Calabrese, 1992.

De acuerdo con ello, los patrones preferidos lo son en función de las características de la zona de cultivo. En California (EE.UU.) se prefieren los de raza mejicana y en Florida (EE.UU.), Israel y la cuenca mediterránea los de raza antillana, dados los problemas de salinidad. En España se utilizan ambos, los primeros en la península y los segundos en las Islas Canarias.

2.7. Técnicas de cultivo

La **propagación** del aguacate se realiza por semilla y vegetativamente. En la práctica, la propagación se realiza por injerto de plantas de semilla. Estas deben proceder de frutos recién recolectados para evitar contaminaciones fúngicas. Los injertos usados suelen ser de púa, y deben proceder de plantas sanas, en particular exentos de *sun blotch*.

La **plantación** debe efectuarse, preferentemente, al final del invierno siendo necesario proteger las plantas del viento y del frío, en las zonas subtropicales, y del

exceso de calor, en las zonas tropicales. El **marco de plantación** depende del cultivar y del clima. En el subtrópico el más común es 8×8 m (156 plantas/ha).

El **riego** más adecuado es el localizado, con aportaciones de 4.000-8.000 m³/ha, en climas subtropicales secos.

El aguacate requiere de una **poda** escasa, aunque en los cultivares de porte erecto es necesaria una poda de formación, consistente en cortar periódicamente el eje vertical de crecimiento. La poda anual debe centrarse en reducir el desarrollo vegetativo en beneficio de la fructificación. Así, en enero/febrero se lleva a cabo una primera poda, eliminando ramas secas, débiles y mal situadas, y un despunte del 30% de las ramas, aproximadamente, para favorecer la brotación de estructuras fructíferas; en junio/julio se despunta otro 30%-40% de ramas, con el fin de eliminar parte de la próxima floración y desviarlas a madera para equilibrar a la planta.

2.8. Maduración

La **maduración** del aguacate no se completa mientras permanece en el árbol. Ello facilita su conservación en el árbol, pero dificulta su correcta **recolección**, ya que es difícil apreciar su estado de madurez. El tiempo de ablandamiento tras la separación del árbol, su contenido en aceites y en agua, así como su tamaño, color (Foto 18.3) y peso, son algunos de los parámetros que se utilizan para decidir su recolección. Esta, en todo caso, debe hacerse evitando golpear el fruto, lo que produce manchas que deprecian su valor comercial.

2.9. Técnicas poscosecha

Para la **frigoconservación** del aguacate, el tiempo entre la recolección y el almacenamiento debe ser el mínimo posible, aconsejándose una pre-refrigeración, a 10° C durante 24 h, para una conservación eficaz.

Las condiciones de conservación son de 4° - 7° C y una HR del 80%-90%. Los cultivares de la raza antillana son más sensibles a las bajas temperaturas y para su conservación se recomienda una temperatura de $\approx 13^\circ$ C. En estas condiciones se pueden mantener los frutos durante unos 30 días, aunque el reblandecimiento del fruto y la aparición de daños por frío es frecuente. Para reducirlos, sobre todo cuando se prevén largos períodos de almacenamiento, se recomienda su almacenamiento en atmósfera controlada con 2% de O₂, 10% de CO₂ y temperatura de 7,2° C.

La antracnosis (*Glomerella cingulata* Schr. y Spauld) y la pudrición del pedúnculo (*Bodryodiplodia theobromae* Pat.) son las enfermedades poscosecha más frecuentes en el aguacate. Su origen siempre es el campo, y puede controlarse con eficacia bien con tratamientos con funguicidas pre-cosecha o en posrecolección.

2.10. Referencias bibliográficas

- Calabrese, F. 1992. *El aguacate*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
 Galán Saúco, V. 1990. *Los frutales tropicales en los subtrópicos, I. Aguacate, Mango, Litchi y Longan*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.

3. El mango

El origen del mango se sitúa en la zona comprendida entre la India y Nyanmar (antigua Birmania) o bien en las laderas bajas del Himalaya o las zonas próximas al Nepal. Su cultivo data, al menos documentalmente, del 2000-1500 a.C., aunque los botánicos estiman que fue iniciado hace 6.000 años. Su cultivo en Occidente, sin embargo, no se conoce hasta el siglo XVIII y no es hasta el siglo XX cuando adquiere importancia.

La producción mundial de mango en 2002 según FAOSTAT fue de 24×10^6 t, siendo la India (12×10^6 t), China ($3,1 \times 10^6$ t), Tailandia ($1,7 \times 10^6$ t), México ($1,4 \times 10^6$ t) y Pakistán (1×10^6 t), los principales países productores. En España se destinan unas 850 ha a su cultivo, mayoritariamente en Andalucía, especialmente, en la provincia de Málaga, con una producción total de 6.000 t/año.

Calabrese (1993), Kosterman y Bompard (1993), Litz (1997) y Galán Saúco (1999), entre otros han recopilado las características de esta especie así como las técnicas específicas de su cultivo.

3.1. Caracterización botánica y agronómica

El mango, *Mangifera indica* L., pertenece al orden *Sapindales*, familia *Anacardiaceae*. Es un árbol grande (Foto 18.4), de unos 10 m de altura en zonas templadas y de más de 40 m en las tropicales, de tronco único y fuerte, de hojas grandes (8-40 cm de longitud), alternas, simples, algo coriáceas, entre elípticas y lanceoladas, perennes y de color variable, según cultivares, cuando son jóvenes, y verdes cuando adultas (Foto 18.4). Su sistema radical es abundante y muy profundo, lo que le confiere una buena adaptación a condiciones adversas.

Es una planta monoica pero polígama, coexistiendo en sus inflorescencias, denominadas *tirso*s (Foto 18.4), flores hermafroditas y masculinas. El número de flores por tirso (200-10.000), la proporción de hermafroditas y su posición en relación al eje, varían con los cultivares. Las flores son pequeñas (\varnothing 5-10 mm) y pentámeras, con los sépalos verdes y los pétalos de color variable, pero con tonos rojos, verdes o amarillos. Ambos tipos de flores tienen un estambre fértil (raramente dos) con un filamento blanco, una antera rosada y cuatro estaminoides (sin anteras), aunque pueden faltar parte de ellos o todos. El ovario, en las flores hermafroditas, es súpero, globoso, brillante y de color amarillo, con un estilo insertado lateralmente y de longitud similar al estambre, curvado hacia arriba, liso y con un solo estigma.

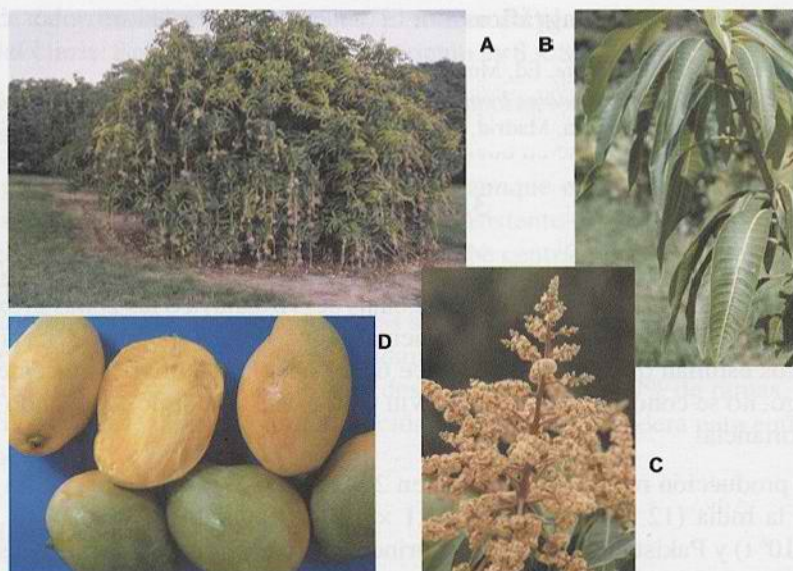


Foto 18.4. Arbol con la cosecha presente (A), hojas (B), inflorescencia (C), fruto y semilla (D) de mango (Fotos F. Calabrese).

La polinización es esencialmente entomófila, siendo los dípteros los principales insectos polinizadores; la polinización anemófila es prácticamente nula; otros insectos como himenópteros (abejas), lepidópteros y hemípteros, se han señalado también como polinizadores. Aunque la autopolinización de esta especie es posible y se ha registrado en algunas variedades, la polinización cruzada mejora notablemente la producción.

El fruto es una drupa grande (entre 200 g y 2 kg) que contiene uno o varios embriones. La mayor parte de los cultivares comerciales son monoembrionicos, mientras que los poliembrionicos se utilizan como patrones, aunque unos pocos tienen interés y se cultivan por sus frutos. La forma del fruto es variable, entre redonda y ovoide, también los hay arriñonados y aplanados lateralmente. Su color es entre verde, amarillo y diversas tonalidades de rosa, rojo y violeta. El mesocarpio es de grosor variable y más o menos fibroso, según el cultivar, comestible y de sabor variable entre trementina y dulce, con diferentes grados de acidez. El exocarpo es grueso y con abundantes glándulas y lenticelas; el endocarpo es grueso, fibroso, grande, aplanado y adherido al mesocarpio (Foto 18.4).

La semilla es ovoide, alargada y con una testa delgada y de consistencia muy débil. En muchos de los mangos poliembrionicos todos los embriones son de origen nucelar, aunque existen algunos con uno de los embriones de origen sexual.

Las **variedades** cultivadas proceden, en su mayor parte, de Florida (EE.UU.), si bien en el sudeste de Asia, Australia y algunos países de Africa, se cultivan

selecciones locales. La clasificación de las cultivares atiende a diversos criterios relacionados con el árbol y el fruto, así como a exigencias comerciales. En la tabla 18.7 se resumen las características ideales que debe cumplir un fruto de mango para su comercialización en Europa. Por otra parte, en la elección de una variedad para su cultivo debe tenerse en cuenta las condiciones del medio, ya que su adaptación presenta importantes diferencias si se trata de zonas tropicales o subtropicales y zonas húmedas o secas. Finalmente, como para otros frutales, la época de maduración y, por tanto, de recolección, supone un criterio de clasificación de la mayor importancia. Los cultivares mejor adaptados a climas cálidos y secos, clasificados según su época de recolección, se presentan en la tabla 18.8.

TABLA 18.7

Características ideales que debe reunir un cv. de mango para su comercialización en el mercado europeo

Árbol	Productivo (≈ 40 t/año) Resistente a plagas y enfermedades Resistente a la descomposición interna
Fruto	Peso: 400-500 g Forma ovoide
Apariencia externa	Piel suave, brillante y sin manchas Color rojo brillante con fondo amarillo
Pulpa	Sin fibra o escasamente fibrosa Textura carnosa Fácil de consumir con cuchara Color amarillo-naranja Sabor dulce y ligeramente ácido Aroma agradable
Vida comercial	Entre 3 y 4 semanas

Fuente: Galán Saúco, 1999.

TABLA 18.8

Principales cultivares de mango adaptados a climas secos y cálidos

Epoca de recolección	Cultivares	Origen
Temprana	Haden, Lily, Tommy Atkins Neldica	Florida Sudáfrica
Media campaña	Smith, Palmer Kensington	Florida Australia
Tardía	Heidi	Sudáfrica

Fuente: Galán Saúco, 1999.

Las variedades comercialmente más importantes han sido seleccionadas de entre poblaciones de plántulas con polinización abierta. Las más apreciadas en Europa, todas ellas monoembrónicas y procedentes de Florida, son las siguientes:

- *Haden*. Variedad de media campaña. Arbol de copa redonda y muy vigoroso. Fruto de buena calidad, de 400-650 g, ovoide-oblongo, de color amarillo con chapa roja, moderadamente fibroso, semilla pequeña, piel con numerosas lenticelas y buena vida comercial.
- *Irwin*. Variedad de maduración temprana. Arbol de porte expandido y escaso vigor en los subtrópicos. Fruto de excelente calidad, de 300-450 g de peso, oblongo, de color amarillo-naranja con chapa roja, escasa presencia de fibras, semilla pequeña, lenticelas pequeñas y blancas y buena vida comercial.
- *Keitt*. Cultivar de maduración muy tardía. Arbol de copa abierta, ramas largas y arqueadas y de escaso vigor en los subtrópicos. Fruto de buena calidad, muy gustoso, de 600-1.000 g de peso, ovoide-oblongo, de color amarillo-verdoso con chapa roja (Foto 18.5), escasamente fibroso, de semilla pequeña, muchas lenticelas amarillo-anaranjadas en la piel y de vida comercial larga.
- *Kent*. Variedad de maduración tardía. Arbol de porte erecto y vigor medio. Fruto de excelente calidad, de 600-800 g, ovoide ancho, de color amarillo con chapa roja, presencia escasa de fibras, semilla pequeña, con muchas lenticelas pequeñas y amarillas en la piel y larga vida comercial.
- *Lippens*. Variedad de maduración media-tardía. Arbol de copa compacta y vigor medio. Fruto de buena calidad, de 350-500 g de peso, ovoide alargado, de color rosa oscuro (Foto 18.5), pulpa escasamente fibrosa, de semilla pequeña, con numerosas lenticelas pequeñas y amarillas y larga vida comercial.
- *Osteen*. Cultivar de maduración media-tardía. Arbol de porte erecto y vigoroso. Fruto de buena calidad, de 550-800 g de peso, oblongo, de color rojo púrpura (Foto 18.5), moderadamente fibroso, de semilla pequeña y piel con numerosas lenticelas pequeñas.
- *Palmer*. Cultivar de media campaña. Arbol vigoroso. Fruto de 450-750 g de peso, oblongo, de color amarillo-anaranjado con áreas rosa (Foto 18.5), pulpa amarilla, consistente, poco fibrosa, de sabor muy agradable.
- *Tommy Atkins*. Variedad de maduración temprana-media. Arbol de copa redonda y vigor medio-alto. Fruto de 500-750 g de peso, oblongo-oval, de color naranja-rojo intenso (Foto 18.5), fibrosidad media, de semilla pequeña, piel gruesa y resistente a daños mecánicos y de calidad mediocre.

Otros cvs. de interés son 'Carabao' (en Filipinas), 'Haden', 'Manila' (México), 'Alphonso' (India; Foto 18.5) y 'Okrang' (Tailandia). 'Keitt', 'Lippens', 'Osteen' y 'Tommy Atkins' son cultivados en las Islas Canarias y Málaga, siendo su época de maduración entre julio y octubre.

Las características de otras variedades cultivadas en los subtrópicos, aunque con menor valor comercial que las descritas, son 'Heidi', 'Kensington', 'Lily Chené', 'Maya', 'Sensation' y 'Valencia Pride', y pueden ser consultadas en los textos de Galán Saúco (1999) y de Calabrese (1993).

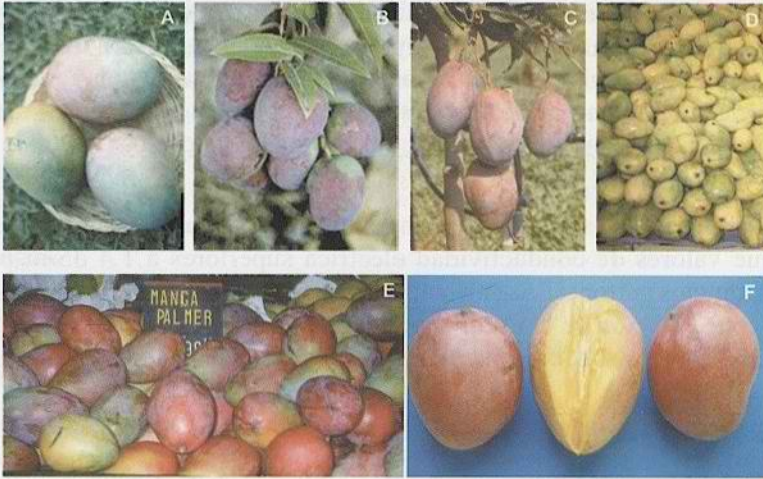


Foto 18.5. Variedades de mango. A: Keitt; B: Lippens; C: Osteen; D: Alphonso; E: Palmer; F: Tommy Atkins (Fotos A, B, C y F: F. Calabrese).

3.2. Adaptación ecológica

El mango es un frutal tropical, que requiere altas temperaturas, sobre todo durante la época de desarrollo del fruto. Las condiciones idóneas exigen inviernos moderados, con temperaturas no inferiores a los 15°C , para asegurar una buena inducción floral, veranos calurosos y escasas diferencias entre las temperaturas nocturna y diurna. La temperatura óptima para su desarrollo se cifra en 24°C – 27°C , y en 30°C – 33°C en épocas de floración y maduración. A pesar de ello, se encuentran plantaciones comerciales en latitudes con temperaturas de hasta 35°C . Finalmente, el mango puede soportar cortos periodos de temperaturas extremas para la vida del árbol de hasta -4°C y de 50°C . Las bajas temperaturas durante la floración dificultan, por una parte, la germinación del polen o el crecimiento del tubo polínico, y provocan, por otra, el aborto del embrión.

Es una especie relativamente bien adaptada a condiciones hídricas variables, desde pluviometrías de 250 mm/año hasta 2.500 mm/año, pero en general, se considera idóneo para el cultivo del mango un mínimo de 700 mm/año, uniformemente distribuidos, preferiblemente con una estación seca en prefloración, para promover la floración. Las lluvias durante la floración, cuajado y recolección reducen la polinización y, por tanto, la fructificación y favorecen la aparición de enfermedades fúngicas; sin embargo, durante el cuajado y el desarrollo del fruto la sequía es muy dañina, aumentando la abscisión de frutos y/o reduciendo su tamaño. Por otra parte, el mango es moderadamente resistente al encharcamiento, habiéndose registrado casos de supervivencia tras 110 días de inundaciones continuas.

El viento, al igual que para otras especies frutales, representa para el mango un factor negativo de la producción y la calidad del fruto.

Para el cultivo del mango se recomiendan suelos con un pH entre 5,5 y 7,0, de textura limo-arenosa o arcillo-arenosa y una profundidad mínima de 1,20-1,50 m. Sin embargo, existen plantaciones comerciales tanto en suelos muy arenosos, con baja capacidad de retención de agua, escaso contenido en materia orgánica (0,3%) y baja capacidad de cambio catiónico, como en suelos calcáreos (>38% de CaCO_3) y pH próximo a 9.

La tolerancia a la salinidad del mango no ha sido bien determinada, aunque se indica que valores de conductividad eléctrica superiores a 1,4 dS/m producen daños en algunos patrones. Asimismo, se han registrado daños para aguas de riego con una concentración de cloruros superior a 200 mg/l. A este respecto, los patrones poliembriónicos son, en general, más tolerantes que los monoembriónicos.

3.3. Nutrición. Fertilización

La nutrición mineral del mango ha sido poco estudiada. La información que se posee es, por tanto, escasa y, generalmente, distinta según el cultivar y la zona de cultivo. En la tabla 18.9 se dan los resultados más recientes sobre extracciones de elementos minerales así como un resumen de los contenidos foliares considerados óptimos por diferentes autores para plantas de mango adultas.

TABLA 18.9

Extracción de elementos minerales y contenidos foliares óptimos para árboles de mango adultos y con una producción media de 10 t/ha

Elemento	Extracción (kg/ha)	Contenido foliar ²
N	12,50	1,00-1,54
P	1,50	0,05-0,25
K	18,91	0,30-1,20
Ca	2,39	0,90-5,00
Mg	1,71	0,15-0,90
Fe	0,05	50-171
Cu	0,01	10-20
Mn	0,01	60-500
Zn	0,02	20-150
B	—	30-200

² Valores de macronutrientes en % de materia seca y de micronutrientes en mg/kg de materia seca.

Adaptado de Galán Saúco (1999).

Con estos conocimientos resulta difícil la elaboración de un plan general de fertilización. De hecho, los descritos en Florida, Sudáfrica, Australia e Israel presentan amplias diferencias tanto cuando se consideran por unidad de superficie como cuando se hacen por unidad de producción. Así, en Florida recomiendan para árboles adultos de hasta 300 kg/árbol de producción anual, fertilizaciones de 11-16 kg/árbol y año de un abono complejo 8-2-8-2. En Sudáfrica, sin embargo, las dosis fertili-

zantes recomendadas son de 2,5 kg/árbol y año de NO_3NH_4 , 2,25 de superfosfato cálcico y 1,5 de ClK. En Australia, 3-5 kg/árbol y año de un complejo 12-5-14, aplicado al suelo tras la cosecha, complementados con aplicaciones foliares de K (NO_3K) antes de la floración. Y en Israel 150-200 kg/ha y año de N, 20-30 de P (P_2O_5) y 100-120 de K (K_2O). Finalmente, en México se recomiendan entre 1,0 y 2,8 Kg/árbol y año de N, entre 0,5 y 0,9 de P (P_2O_5) y entre 1,0 1,8 de K (K_2O).

3.4. Plagas

El mango es afectado por numerosas plagas, habiéndose detectado más de 350 especies de insectos y 10 de ácaros. Litz (1997) ha revisado todas ellas, ofreciéndose un resumen a continuación.

- *Moscas de la fruta*. En el mundo se han detectado moscas atacando al mango pertenecientes a los géneros *Anastrepha* (3 especies), *Bactrocera* (6 especies) *Ceratitidis* (4 especies) y *Toxotrypana* (1 especie). Las hembras realizan su ovoposición en la pulpa del fruto en desarrollo o maduro, según la especie, desarrollándose las larvas que se alimentan de ésta y la pudren. Las larvas, al salir del fruto, prosiguen su metamorfosis en el suelo.
- *Taladrador de la semilla*. Las hembras del coleóptero *Sternochetus mangiferae* Fabricius realizan la puesta sobre el fruto muy joven provocando pequeñas marcas oscuras sobre la superficie. De los huevos emergen las larvas que se dirigen hacia la semilla, cicatrizándose rápidamente las pequeñas lesiones que originan en la pulpa. Penetra en la semilla en la que excavan galerías y cuando alcanza el estado adulto atraviesa de nuevo la pulpa para salir al exterior, dejando un agujero visible en el fruto. Pasa el invierno oculto en las grietas de la corteza del árbol, en restos de vegetación o incluso en semillas de frutos caídos. Presenta una sola generación anual y la vida del adulto alcanza los 140-300 días. No existe un control eficaz de esta plaga, lo que se ve agravado en algunos cvs. tardíos en los que es difícil diferenciar entre frutos afectados y sanos, y no se le conocen parasitoides. La destrucción de frutos y semillas caídas con regularidad y un seguimiento que detecte las primeras puestas de huevos para tratar los frutos químicamente, han dado algún resultado positivo.
- *Cochinillas*. Gran número de especies de cochinillas atacan al mango en todas las áreas de cultivo del mundo, produciendo daños en tallos, hojas y frutos. El árbol se debilita y reduce su vigor; las hojas muestran decoloraciones amarillentas, reducen su tamaño y se caen; los frutos sufren, también, decoloraciones; y todo ello se ve acompañado de producción de gran cantidad de melaza que facilita el ataque de hongos en las partes afectadas.
- *Thrips*. Plaga muy extendida provoca daños en flores (*Frankliniella* sp.), con pérdida prematura de polen, en hojas (*Selenothrips rubrocinctus* Giard), pro-

duciendo manchas oscuras y deformándolas, y frutos (*Scirtothrips aurantii* Faure), con lesiones superficiales plateadas o grisáceas alrededor del pedúnculo. Su control es químico, ya que no se conocen parasitoides eficaces.

- *Acaros*. No son plagas muy importantes, a excepción de *Aceria mangiferae* Sayed, que causa la formación de agallas e hipertrofia de yemas con proliferación de tallos en el nudo terminal (*escoba de bruja*). Otros ácaros pueden provocar daños en hojas, que pueden llegar a secarse y caerse.

3.5. Enfermedades

Más de 90 patógenos han sido detectados en el cultivo del mango como agentes de enfermedades que afectan a su producción o a la calidad de sus frutos. La revisión en profundidad de todas ellas llevada a cabo por Litz (1997) se resume a continuación, para las más importantes.

- *Malformación (Escoba de bruja)*. Es la enfermedad más grave del mango en el mundo. Su agente causal es el hongo *Fusarium subglutinans* (Wollenweb & Rinking) P.E. Nelson, T.A. Toussoun y Marasas. La dominancia apical se pierde en los brotes infestados, originándose un conglomerado de brotes deformes, con entrenudos muy cortos y hojas muy pequeñas y deformadas, dando lugar a un aspecto de escoba. Los ejes primarios y secundarios de las inflorescencias se acortan y engrosan, produciéndose un elevado número de flores arracimadas, de gran tamaño y estériles; en ocasiones la propia inflorescencia puede llegar a desarrollar hojas. El patógeno se transmite por injerto y mecánicamente, por lo que la desinfección de herramientas resulta imprescindible para evitar la dispersión de la enfermedad. Su expansión es lenta, seguramente porque las conidias del hongo mueren cuando están expuestas al sol. No se conocen variedades resistentes a la enfermedad ni tratamientos eficaces para su control, por lo que el único sistema válido de lucha es el establecimiento de un programa de cuarentena que evite la entrada en las zonas de cultivo de material infestado, complementado con la detección precoz y erradicación del material afectado. Esta enfermedad no se encuentra presente en España.
- *Antracnosis*. Causada por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* Penz, es la enfermedad más difundida en el cultivo del mango. En las hojas provoca pequeñas manchas necróticas de color marrón que van aumentando de tamaño y uniéndose formando áreas amplias e irregulares, rodeadas de un halo amarillo pálido con centros de color marrón claro característico. En condiciones de elevada HR se produce gran cantidad de esporas, pero tras un periodo seco las lesiones se desecan y al desprenderse el tejido aparecen agujeros en las hojas. En las inflorescencias las lesiones son muy parecidas (*blossom blight*) y pueden llegar a provocar su pérdida. En los frutos jóvenes causan pequeñas lesiones de color marrón que progresan, juntándose

unas con otras, hasta formar lesiones grandes e irregulares de color marrón-negro; las lesiones más características son en forma de lágrimas que se extienden desde el pedúnculo a la zona estilar. En muchos casos, se producen infecciones latentes que se manifiestan en la poscosecha. Su control se lleva a cabo con la utilización de cvs. resistentes, aunque en las zonas húmedas el control químico resulta imprescindible. Muchos fungicidas son eficaces para el control de la antracnosis, recomendándose la alternancia en su utilización.

- *Enfermedad rosada*. Es originada por el hongo *Erythricium salmonicolor* Berk & Broome, y ataca a tallos y ramas, produciendo unas estrías blanco-algodonosas en sus uniones que se van agrandando y rodeando a toda la rama, dándoles un color rosado característico, provocando su muerte y, por tanto, la de los tallos situados por encima, abriendo grandes espacios en la copa y facilitando las quemaduras por sol. Aunque algunos fungicidas se muestran moderadamente eficaces para su control, el método más eficaz consiste en evitar la entrada en las zonas de cultivo de material vegetal infestado y en la detección precoz de los síntomas para destruir las ramas afectadas.
- *Oidio*. Enfermedad producida por el hongo *Oidium mangiferae* Berthet. En las hojas produce manchas pulverulentas, blancas, aisladas, irregulares, que adquieren un color púrpura y pueden necrosarse. También ataca a las flores, cubriéndolas de un moho blanquecino que llega a ser negro y provoca su muerte. La epidermis de los frutos jóvenes toma un aspecto característico de corcho, produciéndose su cuarteamiento y, en ocasiones, su abscisión. Una vez superado el cuajado, los frutos no son afectados. Su control se lleva a cabo con el cultivo de variedades tolerantes. Su control químico se puede llevar a cabo con numerosos productos fungicidas de eficacia similar.
- *Mancha negra bacteriana (Bacterial black spot)*. La bacteria *Xanthomonas campestris* pv. *mangiferae indicae* (Patel, Moniz and Kulkarni) Robbs, Ribeiro and Kimurat, es el patógeno causante de esta enfermedad. Los síntomas en las hojas se inician con manchas húmedas de Ø 1-3 mm que adquieren un color negro brillante, rodeadas de un halo amarillo y levantándose levemente la epidermis en la zona afectada; finalmente la lesión se seca. En los tallos aparecen chancros negros, cuarteados longitudinalmente y con abundante exudación resinosa. En los frutos se producen manchas húmedas de Ø 1-15 mm, alrededor de las lenticelas, cuya superficie se levanta, ennegrece y cuarteas, exudando un látex que se extiende e infesta otras partes del fruto; en frutos jóvenes provoca su abscisión. La única manera eficaz de luchar contra esta enfermedad es con la utilización de cvs. resistentes; el establecimiento de cortavientos, la poda y destrucción sistemática de los brotes infestados, y la utilización de fungicidas y de hipoclorito cálcico, se han mostrado eficaces como métodos preventivos, pero cuando la enfermedad está instalada no presentan ninguna eficacia.

3.6. Desórdenes fisiológicos

El desorden fisiológico más importante del mango es la **descomposición interna del fruto** (*internal fruit breakdown, IFB*), consistente en una pérdida generalizada de las características normales de la pulpa, desde su gelatinización a su descomposición total. Histológicamente, las células afectadas se separan entre sí y su pared celular se degrada.

Junto con estas características generales, la sintomatología es específica de cada variedad, con amarillamiento de la epidermis y maduración irregular de la pulpa, caso del cv. 'Haden', aparición de zonas internas de la pulpa de color gris-negruzco y consistencia esponjosa, en el cv. 'Kent', decoloraciones iniciales de la pulpa que acaba secándose y necrosándose, afectando a los haces vasculares semi-nales, en el caso del cv. 'Tommy Atkins', etc.

Su causa no está bien determinada pero se ha relacionado con deficiencias puntuales en Ca, excesos en la fertilización nitrogenada, la exposición del fruto al sol y con el exceso de lluvia o riego. Existen además diferencias entre cultivares, lo que unido a la especificidad de síntomas remite a un origen genético de la alteración. Son particularmente sensibles al IFB los cvs. 'Tommy Atkins', 'Haden', 'Sensation' y 'Kent', mientras que los poliembriónicos se ven escasamente afectados.

Como medidas culturales para paliar su incidencia, se han propuesto: a) evitar el cultivo de las variedades más sensibles, b) utilizar patrones adecuados, c) adelantar la recolección, d) llevar a cabo una fertilización adecuada y rica en Ca, y moderada en N, y e) evitar los riegos abundantes en etapas próximas a la maduración.

3.7. Patrones

La mayor parte de las plantaciones de mango están sobre patrones poliembriónicos que garantizan su homogeneidad. Aunque en general cada país tiene en cultivo un solo patrón, la tradición es la única razón para ello, ya que es escasísima la información existente sobre el comportamiento de los diferentes cvs. sobre diferentes patrones. Así, en Australia se utiliza el 'Kensington', en Florida (EE.UU.) el 'Sabre', en suelos arenosos pobres en Ca, y el '4/9', en suelos arcillosos, en España el 'Gomera-1', en Canarias, y el 'Gomera-3', en Andalucía y en México el 'Manila'; en Sudamérica se utilizan patrones poliembriónicos locales.

La influencia del patrón en el cultivo del mango, se ha determinado sobre la producción y la calidad del fruto, habiéndose detectado una clara interacción injerto/patrón. Así, los cvs. 'Kensington', 'Tommy Atkins' y 'Kent', producen más cuando están injertados sobre 'Common' que sobre 'Sabre', mientras que a los cvs. 'Kent' y 'Haden' les ocurre al revés. Por otra parte, el tamaño del fruto del cv. 'Kensington' es un 30% superior cuando se cultiva sobre 'Strawberry' que cuando se cultiva sobre 'Teluk Anson', a igualdad de número de frutos recolectados por árbol, y una respuesta similar se ha encontrado para el cv. 'Haden' cultivado sobre

'Perú' o 'Ceniap' en relación a cuando se hace sobre 'Rosa' o 'Camphor'. En el caso del cv. 'Tommy Atkins', se han encontrado diferencias notables en la forma del fruto, siendo más redondos los cultivados sobre 'Manzano Tetenene' que los cultivados sobre 'Divine', 'Rosa' o 'Ceniap'. Finalmente, los patrones hindúes 'Kalapady' y 'Vella-i-kulumban' son enanizantes y permiten, por tanto, una mayor densidad de plantación.

3.8. Prácticas culturales

Como para cualquier otra especie frutal, las prácticas culturales son imprescindibles si se desea obtener producciones abundantes y de calidad. A este respecto, debe señalarse que, en el caso del mango, la aplicación de técnicas de cultivo adecuadas ha permitido, en Israel, alcanzar producciones del orden de 40 t/ha, cuando la producción media en el mundo no pasa de 10 t/ha.

En el cultivo del mango en los subtrópicos, se lleva a cabo una **poda de formación** con un tronco de 0,7-1,0 m de altura y tres ramas principales que surgen de diferentes alturas; estas tres ramas deben pinzarse por debajo de la yema terminal para favorecer la ramificación y evitar la floración excesivamente precoz. A partir del 4º año, aproximadamente, esto es, después de la primera cosecha, se rebajan los brotes que hayan producido fruta y se despuntan aquellos con, al menos, Ø 1 cm, con el fin de favorecer una brotación abundante y precoz. Finalmente, cuando los árboles hayan alcanzado su espacio disponible se lleva a cabo, inmediatamente después de la recolección, una **poda de mantenimiento** cortando, selectivamente, los brotes situados en la parte alta del árbol hasta el primer nudo inmediatamente anterior a la última floración, y los brotes inferiores hasta el 2º o 3º nudo, y eliminando las ramas verticales, y las resacas. Adicionalmente, la altura del árbol debe mantenerse a una altura de 4,5-6,0 m y deben limpiarse sus laterales hasta una anchura de 1,0-1,5 m en las partes bajas y de 3,0 m en el ecuador de la copa.

Debido al fuerte estímulo floracional de las bajas temperaturas de invierno existentes en los subtrópicos, el mango apenas presenta una etapa de juvenilidad, por lo que se hace necesario un **control de la floración** durante los 3-4 primeros años de cultivo para favorecer su desarrollo vegetativo. Dicho control se lleva a cabo inhibiendo la floración, mediante la aplicación de ácido giberélico (100 mg/l, en los meses de invierno), o eliminándola con sustancias que provocan la abscisión parcial de las flores, como cicloheximida (250 mg/l), pentaclorofenol (5.000 mg/l) o Ethrel (800 mg/l) aplicados en plena floración. En los trópicos, por el contrario, las condiciones inductivas de la floración son poco favorables, por lo que es preciso, en ocasiones, llevar a cabo prácticas culturales capaces de promover la floración. Para ello se utiliza el estrés hídrico, el rayado de ramas, la aplicación de inhibidores de la síntesis de giberelinas (paclobutrazol) y algunos fertilizantes. En los trópicos, la práctica habitual para este menester consiste en la aplicación de paclobutrazol, a dosis de 1-10 g/árbol, al suelo, a finales de verano-principios de invier-

no, seguida de una reducción del riego (cuando es posible) y de 1-4 aplicaciones foliares de NO_3K (2-4%) o NO_3NH_4 (1-2%).

En algunos cvs. tendentes a fructificar en exceso se lleva a cabo un **aclareo de frutos**, a partir del momento en que éstos son distinguibles, eliminando el 25% de las inflorescencias del árbol y dejando, en el 75% restante, solamente el fruto más grande.

Las necesidades de agua de una plantación adulta de mangos se estiman en 1.000 mm anuales, aconsejándose implantar el **riego** cuando la precipitación sea inferior a 100 mm/mes o cuando la humedad disponible del suelo disminuya un 20%. En la práctica, el riego debe realizarse en cualquier momento del año cuando la precipitación de los últimos 3-5 días haya sido inferior a 0,64-1,27 cm y se ajusta en base a una dosis recomendada de 6,35 cm/semana y ha. En las zonas en que el riego es por inundación, la dosis más usual es de 1.000-1.200 l/árbol y semana. En el riego por goteo se recomiendan 8-10 goteros por árbol, de 2-4 l/h de caudal, y que aseguren un 30% de área mojada. Para la microaspersión baja es suficiente con un solo aspersor por árbol, con un caudal entre 60 y 120 l/h y árbol. En la aspersión alta se utilizan presiones elevadas y reparto de grandes cantidades de agua (0,5-0,9 cm/h).

En el cultivo de esta especie también se llevan a cabo **otras prácticas culturales** tales como laboreo, control de malas hierbas, acolchado, protección contra el frío, empleo de cortavientos, etc., con recomendaciones no sustancialmente distintas a las expuestas para otros cultivos.

3.9. Referencias bibliográficas

- Calabrese, F. (1993). *Frutticoltura Tropicale- II° Fruttiferi Legnosi*. Edagricole, Bolonia, Italia.
 Galán Saúco, V. 1999. *El cultivo del mango*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
 Kosterman, A.J.G.H. y Bompard, J.M. 1993. *The mangoes, their Botany, Nomenclature, Horticulture and Utilization*. Academic Press, Londres, UK.
 Litz, R.E. 1997. *The Mango. Botany, Production and Uses*. CAB International, Wallingford, Oxon, UK.

4. La papaya

La Papaya es una planta muy cultivada en las regiones tropicales. La mayor producción comercial se da entre los 23° de latitud N y S. El fruto es rico en vitaminas A y C, se consume en fresco industrializado (pulpas en conservas y mermeladas) y se emplea para la extracción de pectinas y papaína (enzima que cataliza la hidrólisis de proteínas de elevado peso molecular).

Es nativa de la América tropical, donde existe una gran diversidad de especies tanto silvestres como cultivadas, sobre todo en América Central. De acuerdo con

los conocimientos actuales, las semillas de papaya fueron transportadas desde las islas caribeñas a Malaca (Malasia), Filipinas y la India. Desde allí la distribución continuó a través de Asia hasta la región del Pacífico Sur. El explorador y botánico español Francisco Marín fue quien la introdujo en Hawai, desde las Islas Marquesas a principios del siglo XIX. La abundancia de semillas en sus frutos y su prolongada longevidad han hecho fácil su expansión. Actualmente se cultiva en todos los países tropicales y en muchas zonas subtropicales.

Su producción actual alcanza $2,6 \times 10^6$ t, siendo Brasil ($1,5 \times 10^6$ t) la primera productora, seguida de Nigeria (750×10^3 t), India (700×10^3 t) y México (680×10^3 t). En España apenas existen 10 ha de cultivo al aire libre en las Islas Canarias con una producción cercana a las 4.000 t.

Para un más amplio estudio de esta especie consúltense los textos de Manica (1982), Calabrese (1993), Marler (1994) y Nakasone y Paull (1999).

4.1. Características botánicas y clasificación agronómica

La Papaya, *Carica papaya* L., es una dicotiledónea del orden *Violales*, familia *Caricaceae*; dentro de ésta, en ocasiones, se la sitúa en la subfamilia *Papayaceae*.

Es una especie dioica, perennifolia, de consistencia herbácea, de **raíz** principal napiforme, radialmente ramificada y aunque puede alcanzar 3-4 m de profundidad, la mayor parte de su volumen se encuentra en los 30-50 cm más superficiales.

Posee un **tallo** único, hueco, semileñoso, sin ramificaciones, que puede alcanzar hasta 20 m de altura y que termina en una corona de hojas de gran tamaño (Foto 18.6). La corteza es lisa, de color verde claro que evoluciona a verde grisáceo y cubierta de notables cicatrices foliares. El desarrollo de yemas axilares no se produce hasta los 5-10 años de edad.

Las **hojas** son simples, grandes ($\varnothing \geq 40-50$ cm), alternas, de peciolo largos, palmilobuladas y con nerviaduras muy prominentes (Foto 18.6). Se forman constantemente en el ápice del tallo, al mismo tiempo que las más alejadas entran en senescencia y caen, dejando las cicatrices características.

Las **flores** se presentan en inflorescencias cimosas modificadas (Foto 18.6) que aparecen en las axilas de las hojas. El tipo de inflorescencia depende del sexo de la planta. En las masculinas, heterocigóticas, las flores se encuentran en racimos de pedúnculo largo (60-90 cm), son sésiles, con 5 pétalos soldados formando una corola tubular, con 10 estambres organizados en dos series de 5, soldados en el interior de ésta, y carecen de pistilo. En las femeninas, que son plantas homocigóticas, el pedúnculo es corto (4-6 cm), la corola presenta los cinco pétalos separados por su parte superior y soldados en la base del ovario, poseen un pistilo prominente y carecen de estambres. En las hermafroditas, plantas heterocigóticas, las flores son una mezcla de ambas, con un pedúnculo corto, un pistilo largo, 5 pétalos sol-

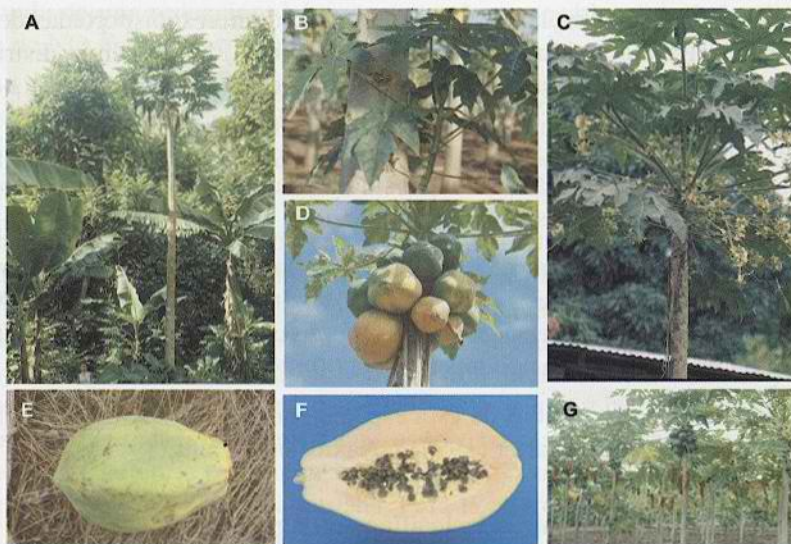


Foto 18.6. Papaya. A: Arbol; B: Hojas; C: Inflorescencia; D: Fructificación; E: Fruto; F: Semillas; y G: Plantación comercial (Fotos A, B, C y D: F. Calabrese).

dados en $2/3$ de su longitud, formando una corona tubular, 10 estambres organizados en dos series de 5 y soldados a la corola. En todos los casos, el pistilo posee 5 carpelos y presenta una forma alargada, oval o piriforme.

Estas diferencias sexuales, junto con la variación fenotífica, provocan una gran diversidad de formas que dificultan la clasificación de variedades. Actualmente se acepta la existencia de 8 categorías de flores que, a su vez, se pueden agrupar, con fines prácticos, en 5 grupos: 1 de flores pistiladas, 3 de flores hermafroditas y 1 de flores estaminadas, designadas como flores del tipo I, II, III, IV y V (Manica, 1982).

El **fruto** es parecido a un melón, de forma esférica, piriforme, oval o alargado (Foto 18.6), según el tipo de flor del que procede. Su tamaño varía entre 250 g y más de 6 kg. Está compuesto, normalmente, de 5 carpelos que se unen para formar una cavidad central de sección oval o estrellada. El fruto de la flor del tipo I, femenina, es generalmente esférico, levemente ovoide, de sección transversal regular y con una gran cavidad interna. El del tipo II es ovoide y profundamente lobulados, con 5 surcos bien pronunciados y profundos. La flor del tipo III da frutos deformes y sólo en determinadas condiciones produce frutos carpeloides. El fruto de la flor tipo IV es alargado y se denomina *melón* cuando procede de flores con pistilos de 5 o más carpelos y *banano* cuando los pistilos tienen menos de 5 carpelos; en algunos casos, el pistilo de estas flores no es funcional porque carece de estigma. Finalmente, los frutos de la flor tipo V, masculina, es una baya de tamaño y forma variables, de piel lisa, coloración amarilla y pulpa de textura fina, de sabor muy agradable y de color anaranjado, rojo o morado.

Las **semillas** de la papaya (Foto 18.6) son muy numerosas, de pequeño tamaño ($\varnothing \approx 3-4$ mm) y se encuentran formando largos rosarios alojados en la cavidad central del fruto. Son de color pardo o negro, redondas, rugosas, con su capa externa (sarcotesta) succulenta y su capa interna (endotesta) dura.

La gran variabilidad mostrada por el papayo cultivado en diferentes países hace muy difícil, con unas pocas excepciones, su clasificación varietal. Así, por una parte, las plantaciones son heterogéneas y, por otra, las semillas seleccionadas proceden de frutos de polinización abierta. En general, la estabilidad de las características de los frutos es mayor en los cultivares hermafroditas que en los cultivares femeninos, ya que en éstos el genotipo masculino es desconocido; por otro lado, en aquellos, una selección adecuada y la autopolinización pueden estabilizar las características varietales más rápidamente.

Las **variedades** de papayo más importantes, por su estabilidad derivada de una endogamia continuada, son las denominadas 'Solo' (Foto 18.7A, B y C). Estas proceden de Hawái, donde fueron introducidas desde las Islas Barbados en 1911. En la tabla 18.10 se resumen las características de las variedades de este grupo con mayor interés comercial.

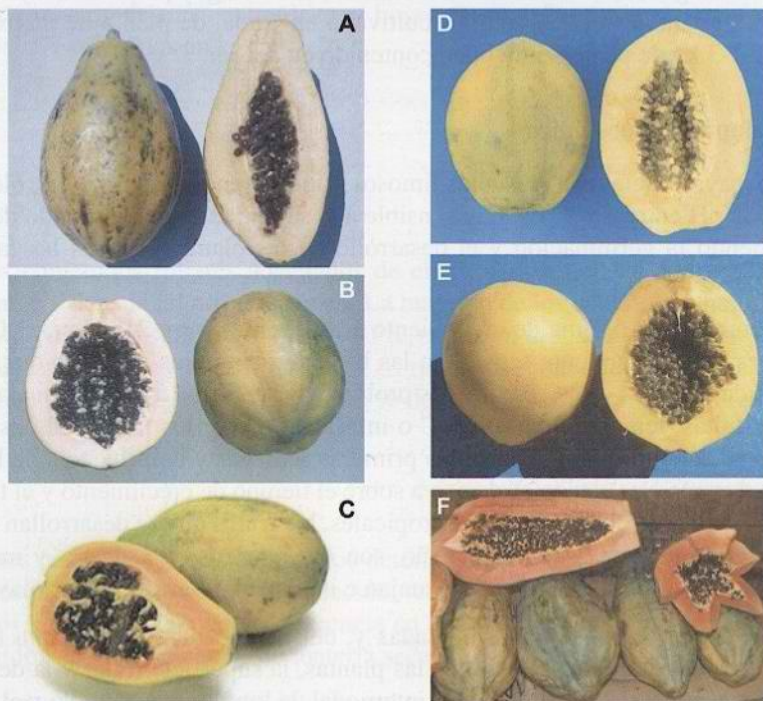


Foto 18.7. Variedades de papaya. Tipo Solo. A: Kapoho; B: Higgins; C: Sunrise. Otras. D: Hortus Gold; E: Improved Petersen; F: Kag-Dum (Foto: F. Calabrese).

TABLA 18.10

Características de las principales variedades de papaya del grupo 'Solo'

Características	Cultivar			
	<i>Kapoho</i>	<i>Higgins</i>	<i>Waimanalo</i>	<i>Sunrise</i>
Peso/fruto (g)	400-500	400-500	400-1200	400-600
Sólidos solubles (%)	15-16	16-17	15-16	14-15
Color de la pulpa	Amarilla	Amarilla	Amarilla	Roja
Cosecha comercial (kg/árbol)	17-20	30-35	35-40	—

Adaptado de Nakasone (1999) y Manica (1982).

Otros cultivares de importancia son el 'Hortus Gold' (Foto 18.7D), de planta dioica, frutos redondos u ovalados, de 0,5-1,5 kg de peso, de pulpa amarilla, espesa y firme, y cultivado en Sudáfrica; el 'Blue Solo', de frutos de tamaño medio de buena calidad y el 'Betty', de planta dioica, pequeña y frutos precoces, de tamaño medio y pulpa tierna, ambos cultivados en Florida (EE.UU.); el 'Improved Petersen' (Foto 18.7E), dioica, de frutos de tamaño pequeño (≈ 600 g), más o menos esféricos y amarillos, cultivada en Australia; la 'Kag-Dum' (Foto 18.7F), dioica, con frutos alargados, de tamaño medio, alrededor de 1 kg, y pulpa anaranjada, cultivada en Tailandia; y el 'Maradol', cultivado en Cuba, de planta hermafrodita y frutos de 1-3 kg de peso y muy buen contenido en azúcar.

4.2. Adaptación ecológica

La papaya vegeta bien en suelos limosos y limo-arenosos, profundos, bien drenados, con pH entre 5 y 7. Es muy sensible a la salinidad, según el estado de desarrollo, siendo la germinación y el desarrollo de las plantas jóvenes las fases de mayor sensibilidad.

La temperatura óptima de crecimiento se encuentra entre 21° C y 33° C. Esta especie es extremadamente sensible a las bajas temperaturas de modo que cortos periodos de tiempo a -4° C o periodos prolongados en torno a los 0° C matan a las plantas adultas; temperaturas de 2° C o inferiores hielan los frutos. El desarrollo del fruto se determina durante las 4-6 primeras semanas y la influencia de la temperatura durante este estado es decisiva sobre el tiempo de crecimiento y el tamaño final que adquieren; en las zonas subtropicales, los frutos que se desarrollan durante el invierno adquieren menor tamaño, son menos ricos en azúcares y maduran hasta 3 meses más tarde que los que cuajan e inician el desarrollo en primavera.

Soporta bien luminosidades elevadas y, del mismo modo, se adapta bien al sombreado, reduciendo el tamaño de las plantas, la superficie foliar y la densidad estomática y aumentando la distancia internodal, la longitud del peciolo y el contenido en clorofilas. El crecimiento, la expresión sexual y la producción no se ven afectados por el fotoperiodo.

La papaya crece con normalidad y produce bien con una HR mínima del 66% y una pluviometría mínima de 100 mm al mes. Estas exigencias apenas existen ni tan siquiera en las zonas de clima tropical en el que los periodos secos están bien definidos. Para una producción rentable y de calidad es necesario el riego, al menos durante la estación seca. Un déficit hídrico se traduce en una rápida abscisión de las hojas más viejas y en una reducción del cuajado. Por otra parte, los excesos de agua provocan clorosis y posterior caída de hojas, presentándose los primeros síntomas a partir de los 5 días de inundación.

El viento es un factor de gran importancia en el cultivo de la papaya. El sistema radicular de esta especie es relativamente superficial (ver apt. 4.1), de modo que cuando la velocidad del viento supera los 65 km/h las plantas caen dejando las raíces al aire, sobre todo si el suelo es poco resistente. Pero incluso los árboles que consiguen superar el viento sufren daños irreparables, como la abscisión de flores y frutos. La implantación de cortavientos es casi imprescindible en el cultivo de la papaya.

4.3. Nutrición. Fertilización

Estudios realizados en Brasil (São Paulo) han determinado las siguientes cantidades de macronutrientes extraídas por hojas, flores y frutos de plantas femeninas de papaya, expresadas en kg/ha:

N	103,6
P	9,7
K	108,3
Ca	37,0
Mg	15,7

Los contenidos foliares adecuados de elementos minerales para una cosecha abundante y de calidad no se conocen. La mayoría de los estudios se han realizado en Hawai, donde el suelo es pobre en NPK, está bien drenado y las plantas responden a las aplicaciones de fertilizantes. Los rangos de contenidos óptimos que, tentativamente, se manejan, expresados en % de materia seca, son los siguientes:

N	1,10-1,40
P	0,15-0,18
K	2,50-3,50

Estos resultados no difieren de los determinados en Brasil, con suelos y clima distintos. En este país se han establecido, también, los contenidos en NPK de los peciolos, que se utilizan como referencia en algunas zonas productoras, siendo los contenidos, expresados en % de materia seca, los siguientes:

N	1,3
P	0,16
K	5,2

A la vista de lo expuesto, la ausencia de fórmulas de fertilización resulta lógica. Las recomendaciones deben efectuarse teniendo en cuenta las condiciones ambientales, los tipos de suelo y las prácticas de cultivo, y estar basadas en los análisis de suelo y, sobre todo, foliares. Experimentos realizados en Australia en plantaciones de suelos limo-arenosos, ha dado buen resultado la aplicación de 0,5 kg/árbol de un abono complejo 5:7:4 antes de la plantación, y el siguiente calendario tras ella:

- 1^{er} año: 100 g/planta de 10:2:16 cada 2 meses, durante el invierno y la primavera. 150-200 g/planta cada mes, durante el verano y el otoño.
- 2^o año: 250 g/planta cada 2-3 meses, durante todo el año.

En Hawai y Brasil se recomiendan 120 g/planta y año de urea, nitrato amónico o sulfato amónico, 350-400 g/planta y año de superfosfato de cal y 95 g/planta y año de K en forma de K_2O .

4.4. Plagas

Son muchas las plagas registradas en el cultivo de la papaya, pero la mayor parte de ellas no tienen importancia. Sólo las moscas de la fruta y algunos ácaros y pulgones pueden ser peligrosos.

Los **ácaros** atacan por el envés de las hojas jóvenes o adultas, produciendo su atrofia, distorsión y/o abscisión. Su multiplicación es rápida y son más peligrosos cuando la temperatura no es muy alta. El ácaro blanco, *Hemitarsonemus latus* Banks, Beer & Nuccifora, la araña roja común, *Tetranychus urticae* Koch, el ácaro rojo de los cítricos, *Panonychus citri* McGregor, y el ácaro de los cítricos, *Brevipalpus phoenicis* Geijkes, son los más importantes.

Las **moscas de la fruta** atacan al fruto de la papaya a partir del momento en que el 25% de su superficie ya ha adquirido una coloración amarillenta. Estos insectos realizan la puesta en el fruto, donde se desarrollan las larvas. Las moscas de la fruta del Mediterráneo, *Ceratitis capitata* Wied., de Sudamérica, *Anastrepha fratercula* Wied., la mejicana, *A. ludens* Loew y la mosca oriental, *Bactocera dorsalis* Hendel, son las más importantes.

Los **mosquitos verdes**, *Empoasca* spp., constituyen una plaga importante que causa severos daños a las hojas jóvenes en desarrollo.

Los **áfidos** sólo son importantes como vectores de virosis. *Aphis gossypii* Glover y *Myzus persicae* Sulzer son los más importantes.

4.5. Enfermedades

La importancia de las enfermedades que afectan al cultivo de la papaya depende del órgano atacado y varía con la zona de cultivo. La pudrición de la base del tallo originada por *Phytophthora palmivora* Buther se presenta con carácter gene-

ral en todas las plantaciones registrándose la muerte de hasta el 45% de las plantas en replantaciones de papaya; este hongo también puede provocar la pudrición de la parte alta del tallo (*stem canker*) y del fruto. La variedad 'Waimanalo' es resistente a este hongo, mientras que los cvs. 'Kapoho' y 'Sunrise' presentan una resistencia media. El hongo *Ascochyta caricae* Pat. es el agente más importante de la enfermedad conocida como pudrición del tallo (*stem-end rot*).

En los ambientes húmedos, la *antracnosis* causada por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* Penz es la enfermedad más grave de los frutos; el organismo se instala en el fruto cuando todavía es verde e inicia su actividad con las lluvias, produciendo unos pequeños puntos que rápidamente aumentan de tamaño, originando unas manchas deprimidas y rodeadas de un alo acuoso de diferente color, que coalescen y acaban por invadir todo el fruto. En ambientes más secos el fruto es atacado por *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler, pudriéndose su zona peduncular a partir de lesiones discretas, negras, muchas veces cubiertas por un micelio blanco. Finalmente, las enfermedades producidas por los hongos *Botryodiplodia* sp. y *Mychosphaerella caricae* Syd., que originan la pudrición de la superficie de los frutos y la aparición de manchas circulares húmedas y oscuras (viruela), respectivamente, son las más frecuentes de la poscosecha.

El virus *papaya ring spot* (PRSV) constituye, en la actualidad, el factor limitante más importante en la expansión del cultivo de la papaya en el mundo. Se sospecha que se trata de un complejo viral, ya que se han relacionado síntomas asociados a distintas cepas. De ahí que la enfermedad también se haya identificado como *mosaico* de la papaya y como *distorsion ringspot*. La exudación de látex en las zonas afectadas es característica del ataque de PRSV. Se transmite por vectores, siendo los áfidos los más eficientes. Esta enfermedad no tiene tratamiento. Las variedades 'Kapoho' y 'Higgins' presentan una tolerancia media al virus.

La *bunchy-top* es una enfermedad muy seria en el Caribe. Se caracteriza por producir atrofia, amarillamiento y endurecimiento de las hojas. Su origen es una bacteria todavía no identificada. El mosquito verde (*Empoasca* sp.) se ha señalado como vector de esta bacteriosis. Tampoco se conoce control para esta enfermedad.

Los daños producidos por nematodos se presentan tanto en el semillero como, sobre todo, en el campo, impidiendo el desarrollo normal del sistema radicular, que reduce notablemente el número de raíces absorbentes, y provoca un crecimiento lento de la planta, clorosis, disminución de cosecha y reducción del tamaño de los frutos. Las principales especies detectadas son *Meloidogyne* sp. y *Rotylenchulus reniformis*. No es, en general, un peligro grave para el cultivo y puede controlarse con nematicidas.

4.6. Prácticas culturales

En esta especie, los problemas de **polinización**, cuajado y producción se hallan íntimamente asociados a la expresión sexual resultante de las interacciones genoti-

po-medio ambiente. Estas han producido numerosas modificaciones de su biología floral, dando lugar a ocho tipos de flores, finalmente resumidos en cinco grupos (ver apt. 4.1). En las plantaciones mixtas de plantas femeninas y hermafroditas o en aquellas de plantas exclusivamente hermafroditas, no suelen aparecer problemas de polinización. Los problemas surgen cuando las plantaciones de cvs. dioicos se realizan con un número inadecuado de plantas masculinas. En estos casos se aconseja un ratio de 8:1 entre individuos femeninos y masculinos, respectivamente, aunque un macho por cada 15-20 árboles femeninos produce, en general, una buena polinización siempre que el primero se encuentre bien situado respecto del viento dominante.

La **propagación** de la papaya se realiza por semillas. Con el fin de lograr progenies uniformes, éstas se obtienen de frutos de árboles hermafroditas, previamente seleccionados por sus características. Las semillas se lavan, al mismo tiempo que se les elimina la sarcotesta para acelerar y mejorar su germinación, se secan al aire, en la sombra, y se almacenan a 7-10° C y HR 50%. La siembra se realiza en semilleros, transplantando las plántulas a contenedores plásticos de Ø 10 cm cuando son bien visibles las dos hojas cotiledonarias, o directamente en el campo. En general, para 1 ha con una densidad de 2.000 plantas, se precisan 100 g de semillas, sembrando 15-20 semillas por punto para compensar las pérdidas por baja germinación, ataques de pájaros, enfermedades del suelo, etc. La germinación se produce en 20-25 días y si se ha sembrado en contenedor las plántulas se transplantan al terreno definitivo a los 1,5-2 meses de edad, cuando tienen unos 20 cm de altura. En todos los casos deben dejarse entre 3 y 5 plántulas por punto hasta la floración; en ese momento la que se desarrolla con mayor vigor se deja y el resto se eliminan.

Antes de la plantación se aconseja realizar una **labor** de subsolado hasta unos 50 cm de profundidad, sobre todo en suelo pesados o compactos; con ello se facilita el desarrollo radicular y se facilita un buen drenaje. La **plantación** se realiza al comienzo del periodo de lluvias, si éste no coincide con la estación fría, y en cualquier época del año en climas cálidos. Si la siembra se ha llevado a cabo en contenedores de plástico, se hace un hoyo de 30-45 cm de diámetro en el que se deposita cuidadosamente la planta, se afianza comprimiendo tierra con cuidado, se cubre con más tierra, se añade materia orgánica descompuesta alrededor del hoyo y se riega inmediatamente.

Los **marcos de plantación** utilizados dependen de la nivelación del terreno, del clima de la región y de las prácticas culturales a realizar y su posible mecanización. Los más usuales varían entre 3,0 × 1,5 y 3,0 × 2,5, con 3.333 y 1.333 plantas/ha, respectivamente, en Brasil; en Hawái, se utilizan marcos de 2,5 × 3,0 y, más recientemente, líneas dobles de 1,8 m entre plantas y 1,8-2,0 m entre líneas, es decir, 1.500-2.135 plantas/ha. Con ello se obtienen rendimientos entre 50 y 80 t/ha.

La **rotación de cultivos** es una de las prácticas más importantes de este cultivo. Nunca deben repetirse dos plantaciones consecutivas de esta especie en el mismo

campo. Asimismo, la papaya se utiliza como cultivo intercalar de bananeros, guayabas, cocoteros, cítricos y aguacates, entre otros.

Los campos de papaya sin riego se localizan en regiones con 2.500-3.200 mm de lluvia anual y requieren de una precipitación uniforme de, al menos, 100 mm al mes. En estas zonas, sin embargo, la aparición de periodos de sequía de 2-3 meses reducen sensiblemente la producción. En estos casos, y en zonas de lluvias más escasas, la influencia del **riego** en la producción y calidad de los frutos ha sido convincentemente demostrada. Los sistemas de riego que se emplean son por surcos, inundación, aspersión y, en menor cuantía, por goteo. Nakasone y Paull (1999) señalan una buena producción con 60-90 l por árbol y semana durante la estación húmeda y 120-240 l por árbol y semana durante la estación seca. Manica (1982), sin embargo, indica que experimentos realizados en Hawai establecen el máximo rendimiento de frutos con valor comercial en aportaciones de 45 l de agua por planta y día.

La papaya es un árbol monoaxial y, por lo tanto, apenas se practican labores de **poda**. Esta se limita a mantener un solo tallo (o tronco). Cuando el ápice se daña, se procurará sustituir el tallo principal por uno nuevo y bien próximo al ápice dañado con el fin de reestablecer el árbol. Algunas de las hojas más bajas, las senescentes y los peciolo de las hojas caídas, se eliminan todos los años con el fin de facilitar la cosecha, mejorar la penetración de los materiales aplicados por pulverización y evitar lesiones en el fruto. No se han encontrado variaciones estadísticamente significativas en el tamaño del fruto, sus características y maduración en los años en que se ha llevado a cabo una poda foliar; los resultados indican que 15 hojas son suficientes para garantizar una buena cosecha y que una hoja madura puede mantener el desarrollo de 4 frutos.

El control de malas hierbas se lleva a cabo en este cultivo combinando la **escarda** manual con la utilización de pequeños aperos y el empleo de herbicidas de pre y post-emergencia.

La **cosecha** de estos frutos debe realizarse cuando están completamente desarrollados, esto es, con un 25%-50% de coloración amarilla. Sin embargo, para su exportación a larga distancia se realiza con la aparición de las primeras listas amarillas, ya que cuando éstas alcanzan 1/3 de la superficie de la corteza su duración se reduce drásticamente. Los frutos se recolectan manualmente y se recogen en recipientes especiales, acolchados, para evitar cualquier golpe que reduce su calidad.

En la **poscosecha** los frutos son lavados, tratados con funguicidas, secados, clasificados por su maduración y tamaño y embalados en cajas, generalmente de cartón. Las aplicaciones de benomilo y tiabendazol, a una concentración de 500 mg/l reducen en más de un 80% los daños por pudrición. Para evitar daños por el frío de conservación, el lavado se lleva a cabo sumergiendo los frutos en agua a 48-49° C durante 20 minutos, o bien pulverizándolos con agua a una temperatura de

52-54° C durante 80 segundos. Antes de la exportación, y con el fin de establecer las exigencias en el control de la mosca de la fruta, los frutos se tratan con dibromuro de etileno (9,8 g/m³), en cámaras cerradas a 26,6° C, durante 2 horas y almacenados, a continuación, a baja temperatura (10° C) para su transporte.

4.7. Referencias bibliográficas

- Calabrese, F. (1993). *Frutticoltura Tropicale-II° Fruttiferi Legnosi*. Edagricole, Bologna, Italia.
- Manica, I. 1982. *Fruticultura tropical. 3. Mamão*. Ed. Agronómica Ceres Ltda. São Paulo, Brasil.
- Marler, T.E. 1994. Papaya. En: B. Schaffer y P.C. Andersen (eds.) *Handbook of environmental physiology of fruit crops Vol 2, Subtropical and tropical crops*, CRC Press, Boca Raton, Florida, EE.UU.
- Nakasone H.Y. y Paull, R.E. 1999. *Tropical fruits*. CAB International, Wallingford, Oxon, UK.

5. El chirimoyo

El chirimoyo, *Annona cherimola* Mill., pertenece al orden *Magnoliales*, familia *Annonaceae*. Es originario de la cara oriental de los valles andinos existentes entre Ecuador y Perú, situados 3°-8° de latitud S, 75°-80° de longitud W y a una altitud de 1.500-2.000 m, donde crece espontáneamente. En el siglo XVIII fue llevado a España y Portugal y desde allí a Italia, extendiéndose por todo el mundo. España es la primera productora mundial de chirimoyo, con 3.600 ha en cultivo y una producción anual de 35.000 t, seguida de Perú, 1.800 ha y 15.000 t, y Chile, 1.200 ha y 12.000 t; Bolivia, Ecuador, México y EE.UU. también producen chirimoyos.

Arbol de hábito semicaduco (las nuevas yemas no pueden brotar hasta que no se hayan caído las hojas), vigoroso, alcanza hasta 10 m (Foto 18.8). **Hojas** simples, alternas, de 10-25 cm de longitud y de color verde claro (Foto 18.8). Las **yemas** axilares (vegetativas o mixtas) se encuentran sepultadas por las hojas, cuyos peciolo apoyan sobre aquellas, de ahí que sea necesario que las hojas caigan para que puedan brotar (Foto 18.8). Las **flores** se encuentran solitarias o en grupos de 2 a 4 sobre un pedúnculo corto; poseen tres sépalos, triangulares y pequeños, dos series de tres pétalos insertados en un receptáculo grande y carnoso, los tres más internos más cortos (1,5-2,0 cm) que los tres más externos (≈ 2,5 cm), que son oblongo-lineales, carnosos y de sección triangular (Foto 18.8), y numerosos estambres dispuestos en espiral; el gineceo está constituido por numerosísimos pistilos unicarpelares (hasta más de 200) adheridos a un receptáculo común cónico, visibles externamente porque cada uno se corresponde con una areola, y cuando tiene lugar la fecundación se unen entre sí (sincarpo) y cada uno de ellos posee una semilla. Son hermafroditas y presentan dicogamia del tipo protoginia, de modo que cuando los pétalos se abren, por la mañana, los estigmas están receptivos a la fertilización, pero los estambres no desprenden el polen hasta el día siguiente. Las flores son, por tanto, autofértiles, pero incapaces de autopolinizarse, aunque existen algunas excepciones dependen-



Foto 18.8. Arbol, hojas, yema, flor, frutos y semillas de chirimoyo (Fotos R. Cautín).

do de las variedades y de las condiciones climáticas. Ello supone un serio problema para la obtención de cosechas elevadas, lo que se resuelve polinizando manualmente. La floración se prolonga de 3 a 6 meses o más. El **fruto** es una baya, de pulpa blanca, mantecosa, agradablemente aromática y muy dulce; el color de su exocarpo, verde claro, no cambia con el crecimiento, aunque mejora su brillo (Foto 18.8). Las **semillas** son duras, grandes (1-2 cm \times 0,6-1 cm), más o menos redondeadas y de color negro brillante (Foto 18.8). Para una más amplia información sobre esta especie véanse los textos de Calabrese (1993), Gardiazabal y Rosenberg (1993), Nakasone y Paull (1999) y Manica (1994; 2003). Cautín y Agustí (2004) han adaptado la escala BBCH a la descripción de los estados fenológicos de esta especie.

De acuerdo con Calabrese (1993) y Manica (1994), los **cultivares** de chirimoyo se clasifican en 5 grupos, atendiendo a la textura del exocarpo: *lisos*, con areolas sin apenas relieve, *impresos*, con areolas ligeramente deprimidas y bordes relevantes; *tuberculados*, con areolas de ápices verrugosos y puntiagudos; *umbonados*, con areolas poco marcadas en los bordes pero sobresalientes y con un punto visible en la zona central de su ápice; y *mamelados*, con areolas ligeramente cóncavas y protuberancias verrugosas menos prominentes que en los tuberculados. También se clasifican, de acuerdo con su época de maduración, en variedades de *ciclo corto*, de *ciclo medio* y de *ciclo largo*. El número de las cultivadas es muy grande; en Perú, las más importantes son 'Sander', 'Nanas' y 'Cumbes', en Chile se cultivan 'Bronceada' y 'Concha Lisa', en Ecuador 'Royale' y 'Bosque', en EE.UU. (Cali-

fornia) 'Booth', 'Chaffey' y 'White'. En España la variedad más importante es 'Fino de Jete'. Otros cultivares de interés son 'Mantecosa', '604-6' y 'Hill'.

El cv. 'Booth' (Foto 18.9) es de maduración tardía, con frutos de superficie umbonada, forma cónica y semillas grandes. El cv. 'Bronceada' (Foto 18.9) es muy productivo y de rendimiento regular, con frutos de buen sabor, con semillas grandes, pero fácilmente separables de la pulpa, de maduración tardía y con buen comportamiento poscosecha. El cv. 'Concha Lisa' (Foto 18.9), del tipo liso, es medianamente productiva, y sus frutos, de tamaño medio y buena calidad, presentan un buen comportamiento durante la conservación y el transporte. El cv. 'Chaffey' (Foto 18.9), papilado, es de fruto globoso y no precisa de polinización manual para producir. El cv. 'Fino de Jete' (Foto 18.9) representa casi el 95% del cultivo de esta especie en España, de donde es autóctona; variedad del tipo areola impresa, de ciclo medio, es productiva y sus frutos son de buen tamaño (170 g), con buen porcentaje de pulpa (65%), de buen sabor y buen comportamiento poscosecha. Los frutos del cv. 'White' (Foto 18.9), de tipo mamelado, son de tamaño medio (≈ 250 g), con alto rendimiento en pulpa (70%) y buen comportamiento poscosecha.

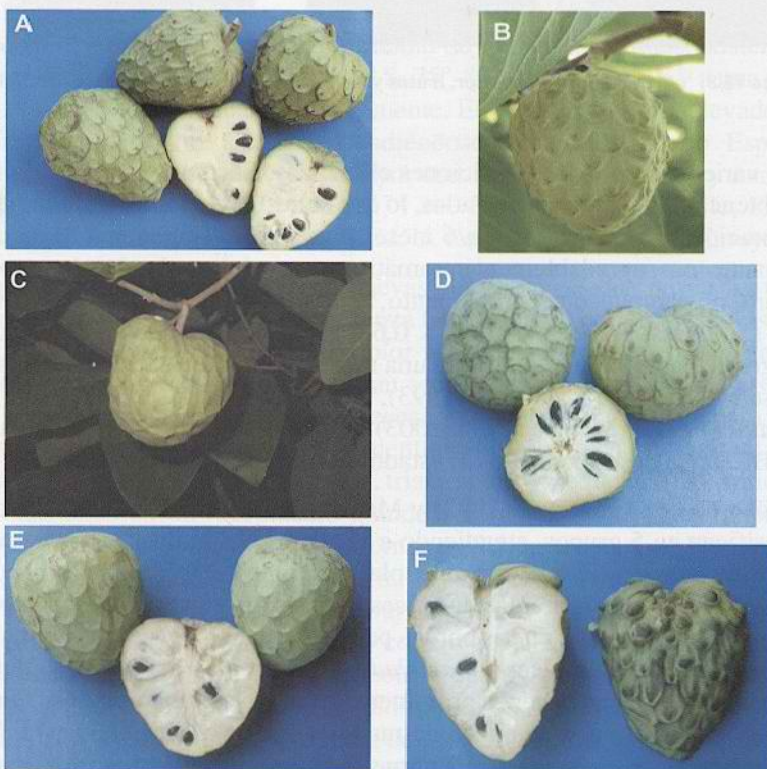


Foto 18.9. Variedades de chirimoyo. A: Booth; B: Bronceada; C: Concha Lisa; D: Chaffey; E: Fino de Jete; F: White (Fotos A, D, E y G: F. Calabrese; Fotos B y C: R. Cautín).

La dependencia del **clima** de esta especie se limita a su sensibilidad térmica; se adapta bien a temperaturas estivales entre 18° C y 22° C e invernales entre 5° C y 18° C. Es muy sensible al frío, sobre todo las plantas jóvenes, pudiéndose registrar daños importantes en hojas y raíces para temperaturas de -1° C. Durante el verano es muy sensible, también, a las altas temperaturas que pueden dañar las hojas y dificultar la polinización, sobre todo por la desecación de los óvulos que pierden con ello viabilidad.

El chirimoyo presenta una buena adaptación a los **suelos** tanto pedregosos, como arenosos y arcillosos. Pero los suelos ideales para su cultivo son aquellos con contenido medio de materia orgánica, bien drenados, neutros o alcalinos (pH entre 6,5 y 7,5).

Los **marcos de plantación** recomendados dependen de la variedad y del cultivo (de desarrollo libre o bajo poda), pero se recomiendan entre 6 × 7 m y 7 × 7 m, es decir, entre 200 y 235 árboles/ha. Actualmente se proponen marcos de plantación más estrechos, cercanos a las 500 plantas/ha, para facilitar las labores, principalmente de polinización, cosecha y poda, y disminuir así los costos de producción.

El contenido foliar en elementos minerales para dos variedades en condiciones de cultivo diferentes se presenta en la tabla 18.11.

TABLA 18.11

Composición mineral de hojas de chirimoyo, cvs. 'Bronceada' y 'Fino de Jete', de 6 - 7 meses de edad cultivadas en Chile y en Italia (Sicilia), respectivamente

	cv. 'Bronceada' ¹	cv. 'Fino de Jete' ²
N (%)	2,91	2,51-2,78
P (%)	0,17	0,051-0,054
K (%)	1,95	0,420-0,513
Ca (%)	0,60	2,44-2,91
Mg (%)	0,26	0,420-0,546
Fe (ppm)	125,0	202-245
Cu (ppm)	—	50-91
Mn (ppm)	—	46-53
Zn (ppm)	29,0	77-92

¹ Tomado de Manica (1994);

² Fuente: Calabrese (1993).

Para una producción media de 14 t anuales, las cantidades de **fertilizantes** a aportar que se recomiendan son, en UF/ha, 95 de N, 4,6 de P, 38 de K, 9 de Ca y 27,5 de Mg. En España, se recomiendan 0,7 kg de N, 0,5 kg de P₂O₅ y 0,5 kg de K₂O por planta y año, fraccionados en dos o tres veces a partir de febrero-marzo. En Brasil recomiendan tres fertilizaciones, a lo largo del periodo de lluvias, cada una de ellas con 750-900 g por árbol de un fertilizante complejo 06-10-08.

Durante el crecimiento vegetativo, la floración y el cuajado de frutos, debe mantenerse un buen nivel de agua disponible. Si la lluvia en esas fases no es suficiente se recomienda el **riego** de superficie o de aspersión baja. Durante la maduración del fruto, sin embargo, la lluvia puede acarrear problemas sobre la calidad del fruto que se ve fácilmente infestado por los hongos y ello se transmite a su comportamiento tras la recolección; el riego en esta fase debe realizarse exclusivamente por inundación.

No se tiene mucha experiencia sobre la **poda** de esta especie, y ésta se resume en formar árboles con un tronco de 70 cm de altura del que salen varias ramas que se acortan a los 60 cm, buscando su ramificación y evitando que el árbol supere los 3 m de altura. Durante el verano se pinza el 30% de los brotes en desarrollo que no han fructificado, dejándolos con una longitud de 40 a 50 cm para provocar la brotación para la campaña siguiente. La poda de ramas de 1 a 2 años de edad mejora la producción y el tamaño de los frutos.

Como ya se ha indicado, en el chirimoyo se practica la **polinización manual**. Para ello, se recolectan flores femeninas al mediodía y se colocan en bandejas abiertas y situadas en lugar fresco; en 1 a 3 horas estas flores pasan a estado masculino, se recolecta el polen de sus anteras y se conserva a 3-7° C; al día siguiente se recortan los pétalos de las flores en estado femenino y se polinizan con un dispositivo específico para ello (Foto 18.10).

De entre las **plagas** más importantes de esta especie, destaca un lepidóptero, *Cerconota ananella*, que puede llegar a ocasionar pérdidas de hasta el 80%; sus larvas se alimentan de la pulpa de los frutos de cualquier edad y de sus semillas,

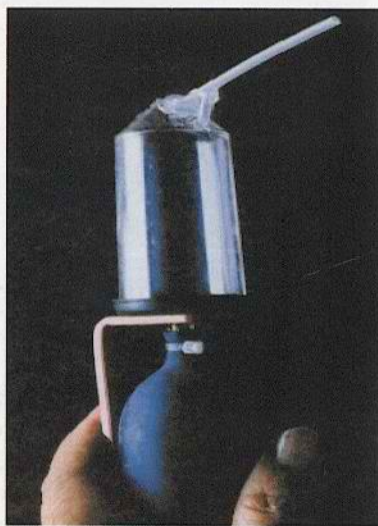


Foto 18.10. Utensilio utilizado para llevar a cabo la polinización manual (Fotos R. Cautín).

dejando una huella de serrín; éstos se deforman, toman un color negro, se secan y, finalmente, caen. El ácaro rojo (*Tenuipalpus granati*) produce el bronceado de hojas y su caída prematura. Las cochinillas blancas (*Ceroplastes floridensis* y *C. janeirensis*) y la parda, *Aspidiotus destructor*, atacan a hojas y ramas jóvenes, sobre todo en los viveros, produciendo defoliaciones y el decaimiento general de la planta. Las moscas de la fruta (*Anastrepha fraterculus*; *A. grandis*, *A. obliqua* y *Ceratitis capitata*) causan grandes prejuicios al chirimoyo, realizando la puesta en los frutos, provocando daños y completando el ciclo del modo descrito para otros cultivos.

Las **enfermedades** más importantes del chirimoyo son la antracnosis o podrido negro de los frutos, ocasionada por el hongo *Collectotrichum gloeosporioides*, frecuente con la HR alta, que ataca a tejidos jóvenes (hojas, ramas, flores y frutos) produciendo manchas circulares, de coloración castaño-oscuro, que progresan hasta la pudrición del órgano; la cancrrosis (*Calonectria* sp), que ataca a ramas jóvenes y troncos; y la podredumbre de la raíz (*Armillaria mellea*), especialmente peligroso en plantas de vivero.

La **recolección** de los frutos se realiza cuando su color pasa de verde apagado a ligeramente amarillento y han completado su maduración, pero siguen firmes; los frutos han de estar secos. Se realiza manualmente y procurando no dar golpes durante el manejo del fruto. El **transporte** y su comercialización han de ser particularmente cuidadosos dada su fragilidad y sensibilidad a los golpes. Se recomiendan temperaturas de 9° C para el **almacenamiento** de los primeros frutos recolectados (octubre), que se van elevando hasta 11° C para los de las últimas recolecciones (diciembre).

5.1. Referencias bibliográficas

- Calabrese, F. 1993. *Frutticoltura Tropicale- II° Fruttiferi Legnosi*. Edagricole, Bologna, Italia.
- Cautín, R. y Agustí, M. 2004. *Phenological growth stages of the cherimoya tree (Annona cherimola Mill.)*. Scientia Horti, 105: 491-497.
- Gardiazabal, F y Rosenberg, G. 1993. *El Cultivo del Chirimoyo*. Ediciones Universitarias. Universidad Católica de Valparaíso, Chile.
- Nakasone, H.Y. y Paull, R.E. 1999. *Tropical Fruits*. CAB International, Wallingford, UK.
- Manica, I. (Ed.). 1994. *Fruticultura-Cultivo das Anonáceas. Ata-Cherimólia-Graviola*. Evangraf, Porto Alegre, RS, Brasil.
- Manica, I. (Ed.). 2003. *Frutas Anonáceas. Ata ou Pinha, Atemólia, Cherimólia, Graviola. Tecnologia de Produção, Pós-colheita, Mercado*. Cinco Continentes Ed. Ltda., Porto Alegre, RS, Brasil.

6. La carambola

La mayor parte de las especies de la familia Oxalidaceae son herbáceas, pero existen también algunos arbustos y plantas leñosas. Entre estas últimas solo dos especies poseen interés frutícola, ambas del género *Averrhoa*, y de ellas *A. caram-*

bola L. se cultiva con fines comerciales. El origen de esta especie no está bien definido, y se consideran dos posibles núcleos de expansión, Indochina, Malasia e Indonesia, por una parte, y por otra la Guayana, al noroeste de América del Sur, donde se encuentra desde hace más de 150 años. Los primeros datos fiables hablan de su presencia en Rio de Janeiro, en 1856, y Florida (EE.UU.), Trinidad y Tobago en 1887. En 1881 fue introducida en las Islas Canarias. Es una especie muy productiva, que puede alcanzar las 70-80 t/ha. Los principales productores de Carambola son Taiwan, Malasia, Guyana, India, Filipinas, Australia, Israel, y EE.UU. (Florida y Hawaii).

Casaca (2005) y Nakasone y Paull (1999) han estudiado el cultivo de esta especie.

La Carambola es un **árbol** perennifolio (Foto 18.11A) que, en condiciones de cultivo, no supera los 3-5 m de altura, con uno o varios troncos de madera de color marrón claro. Posee **hojas** compuestas (Foto 18.11B), pinnadas, de 15 a 30 cm de longitud, con 6-10 foliolos, de peciolo corto, alternos, dispuestos más o menos en un plano horizontal, de 2 a 7 cm de longitud y 2 a 4 cm de anchura. Las **flores**, pequeñas (6 mm de diámetro, aproximadamente), se sitúan en panículas (Foto 18.11C) que surgen de las axilas de las hojas viejas de ramas de diferente edad, ocasionalmente del tronco; son pentámeras, con un cáliz de 5 sépalos de color rosa rodeado por una corola de color púrpura, con 5 estambres fértiles y 5 estaminodios, y 5 estilos finos y unidos y de longitud variable según la variedad. El **fruto** es una baya carnosa, indehisciente, de 6 a 15 cm de longitud, de sección estrellada con 5 alas, de piel delgada, cerosa, translúcida, de color verde-amarillento a amarillo-anaranjado, comestible y que tarda entre 60 y 75 desde la antesis en madurar; la pulpa es de color amarillento, más o menos oscuro, translúcida, crujiente, jugosa y



Foto 18.11. Carambola. Arbol (A), hojas y frutos en desarrollo (B), flores (C) y fruto maduro listo para el consumo (D).

sin fibras, de sabor dulce (tanto más cuanto más permanece en el árbol), ligeramente ácido, bajo en calorías, rico en K y moderadamente rico en vitamina C. Posee 5 semillas por cada ala, envueltas por el arilo, gelatinoso, de 1,0-1,3 cm de longitud, de color marrón y comestibles; pierden su capacidad germinativa a los pocos días de ser extraídas del fruto.

Las flores de Carambola abren entre las 8 a.m. y las 10 a.m. y se cierran entre las 2 p.m. y las 6 p.m. del mismo día, y los pétalos se desprenden durante la mañana tras la antesis. Después de ésta, las flores pueden permanecer en el árbol hasta 16 días, si bien el periodo de fecundación no es muy largo. La polinización es, sobre todo, entomógama y también anemógama. Pero el principal problema de esta especie, en lo que al cuajado respecta, es su heterostilia, esto es, el polimorfismo morfológico de sus flores derivado de las diferencias en el tamaño del pistilo y de los estambres. Como la mayoría de las especies heterostílicas, la carambola presenta autoincompatibilidad. Ello se debe a que los *loci* responsables de ésta están estrechamente ligados a los genes responsables del polimorfismo floral, por lo que ambos caracteres se heredan en forma conjunta. En la Carambola todas las flores de una variedad son idénticas bajo este punto de vista, es decir, tienen sus estilos o largos o cortos y, por tanto, son autoincompatibles y requieren de polinización cruzada para su fecundación. Esta, sin embargo, no siempre es posible ya que las variedades de estilo corto o de estilo largo no son compatibles entre sí, es decir, para asegurar el cuajado se precisa de la polinización cruzada entre variedades de estilo corto y largo. Como puede suponerse, este tipo de esterilidad tiene lugar en el estilo y se caracteriza por la inhibición del crecimiento del tubo polínico. Existen, no obstante, algunas excepciones y el hecho de que algunas variedades (como 'Golden Star' y 'Arkin') cultivadas aisladamente en alta densidad puedan producir buenas cosechas indica que la polinización cruzada entre variedades de diferente longitud estilar no siempre es necesaria.

Existen dos grupos de **variedades** de Carambola, dulces y ácidas. Las primeras se cultivan para consumo en fresco y ambas para su procesado. Las más importantes son 'Arkin', cultivada en Florida (EE.UU.), de color amarillo-anaranjado, de 100-200 g de peso y ligeramente ácida, aunque apta para consumo en fresco, 'Sri Kembangan', cultivada en Hawaii (EE.UU.), de color amarillo, de 150-200 g de peso, dulce y de consumo en fresco, 'Golden Star', cultivada en Florida, de color amarillo dorado, de 120-200 g de peso, dulce y de consumo en fresco, 'Kaput', 'Lang Bak' y 'Cheng Tsey', conocidas conjuntamente como 'Chum Choi', se cultivan en Indonesia, Singapur y Taiwan, son de color naranja, grandes (más de 300 g de peso) y dulces, y 'Fwang Tung', cultivada en Tailandia, de 100 a 300 g de peso y de color amarillo.

La carambola es una especie de **clima** subtropical, que se desarrolla plenamente con temperaturas entre 26 °C y 28 °C y HR 80-98%. Pero puede crecer, también, en climas templados con riesgos de bajas temperaturas, ya que resiste bastante bien el frío. Los árboles jóvenes, las ramas maduras y las hojas resisten hasta -3,5 °C, y

las ramas de mayor edad y los árboles adultos sufren daños irreversibles con intervalos prolongados (24 h) de temperaturas de -6°C . Es exigente en agua, requiriendo una pluviometría anual entre 1.200 y 2.500 mm, y sensible al viento, que provoca defoliación, desecación, muerte regresiva de las ramitas, atrofia del crecimiento y rameado en los frutos.

Los árboles de carambola se adaptan bien a diferentes tipos de **suelo**, si bien prefieren los francos o franco-arcillosos, con buen drenaje, y ligeramente ácidos o neutros. En los suelos calcáreos, se requiere un cuidado especial para prevenir las carencias de micronutrientes, particularmente Fe, Zn y Mn. Son sensibles a la salinidad.

El **marco de plantación** de la Carambola oscila entre $5 \times 6\text{ m}$ y $7 \times 9\text{ m}$. Los árboles se forman en vaso, con 3-5 ramas bien desarrolladas que arrancan de 50-80 cm de altura del tronco. La **poda** anual se limita a eliminar las ramas secas, angulosas, decaídas y entrecruzadas. La altura del árbol se mantiene a 2,5-3,0 m para facilitar la recolección. En Taiwan, los años de elevada cosecha se practica una poda severa para promover la floración y evitar la alternancia de cosechas.

Se recomienda una **fertilización** N:P:K (15:15:15, por ejemplo) de 0,4-0,8 kg/árbol y año para los árboles jóvenes, y de 15-20 kg/árbol y año para árboles adultos en plena producción, aplicados en tres veces a lo largo del año, a finales de invierno, en primavera y en verano.

La mosca de la fruta y algunos lepidópteros (*Othreis spp.*) afectan al fruto, el ácaro rojo (*Panonychus citri*), que afecta a las hojas, y un chinche (*Membracidae spp.*) que se alimenta del pedúnculo, son las **plagas** más importantes de la Carambola.

El hongo *Cercospora averrhoae* Petch., produce pequeñas manchas cloróticas en las hojas, que se vuelven marrones y se desprenden prematuramente del árbol. Otros hongos, como *Phomopsis spp.*, *Phyllosticta spp.* y *Corynespora cassiicola*, causan, también, **enfermedades** con daños en las hojas. *Botrytis spp.*, *Ceratocystis spp.*, *Colletotrichum spp.*, *Alternaria, spp.* y *Phoma, spp.*, atacan al fruto.

La **recolección** se realiza a mano, cuidando de no dañar el fruto (muy sensible a los golpes), cuando el color y el contenido en sólidos solubles totales se consideren idóneos. Se puede conservar en buenas condiciones a 5°C durante 2-5 semanas, dependiendo del estado de maduración al inicio del proceso. La pérdida de humedad es el problema más grave de la frigoconservación, ya que el fruto se torna marrón y no es apto para su comercialización.

6.1. Referencias bibliográficas

- Casaca, A.D. (2005) *El cultivo de la carambola*. Secretaría de Agricultura y Ganadería. Costa Rica.
- Nakasone, H.Y. y Paull, R.E. 1999. *Tropical Fruits*. CABI International, Wallingford, UK.

7. Cacao

El Cacao, *Theobroma cacao* L., pertenece a la familia Esterculiaceae. Es originario de América del Sur, de las cuencas de los ríos Orinoco y Amazonas. Actualmente su cultivo se extiende desde México a Brasil, en zonas tropicales, y también al oeste de África. La Producción mundial de cacao en grano fue, en 2008, de $4,2 \times 10^6$ t, siendo Costa de Marfil ($1,4 \times 10^6$ t) el primer país productor, seguido de Indonesia (740.000 t), Ghana (615.000 t) y Nigeria (500.000 t); Brasil, Camerún, Ecuador, Togo y Colombia son también países productores de importancia.

Chávez y Mansilla (2004) publicaron una monografía sobre el cultivo del cacao.

El árbol de Cacao (llamado cacaotero) es perennifolio, de tamaño medio, de 5-8 m de altura y un diámetro de 7-9 m. **Hojas** simples, enteras, de 15 cm de largo y 8 de ancho, aproximadamente, de color variable, desde morado-rojizo cuando son jóvenes a verde pálido cuando son adultas, y peciolo corto (Foto 18.12A). Las hojas de Cacao son capaces de girar 90° sobre su eje y regresar a su posición original con el fin de captar la máxima luz posible y proteger del sol a las más jóvenes. Sus **flores**, en racimo, son pequeñas, de color blanco o rosa y se localizan directamente sobre el tronco y ramas de mayor edad (Foto 18.12B y C). Poseen 5 sépalos prominentes, 5 pétalos pequeños, en forma de bolsita, un verticilo de 5 estaminoides y otro, más interno, de estambres dobles que poseen hasta cuatro anteras. Los primeros son hasta dos veces más largos que el estilo y rodean a éste. Los estambres están curvados de modo que las anteras se desarrollan dentro de las bolsitas que forman los pétalos. El ovario posee 5 carpelos, soldados, cada uno de los cuales posee entre 4 y 12 lóculos, y un estilo con varios lóbulos estigmáticos. Los nectaríferos de las flores del Cacao son microscópicos y de dos tipos: cilíndricos multicelulares, situados en pedúnculos, sépalos y ovario, y cónicos unicelulares, situados en los pétalos y estaminodios. Segregan un néctar que atrae a mosquitos y lepidópteros. El **fruto** se sitúa, de acuerdo con la localización de las flores, sobre el tronco y ramas de mayor edad (Foto 18.12D); es una baya de 30 cm de largo y 10 cm de diámetro, lisa o acostillada, de forma elíptica y de color rojo, amarillo, morado o café (Foto 18.13A). La piel es gruesa, dura o suave y de consistencia coriácea y envuelve a una pulpa, mantecosa de color blanco, rosado o marrón, de sabor dulce, un poco ácida, y muy aromática, que, a su vez, envuelve a las semillas (Foto 18.13B). Cada fruto tiene de 20 a 40 **semillas** (Foto 18.13C), planas o ligeramente redondeadas, de color blanco, café o morado, y de sabor amargo.

Las flores abren al amanecer y las anteras dehiscen justo después de la salida del sol; los estigmas se hallan receptivos hasta el ocaso del mismo día, pero, generalmente, la polinización tiene lugar durante las 2-3 h siguientes a la antesis, y si ésta no tiene lugar, la flor cae al día siguiente. La flor del Cacao no se autopoliniza y precisa de insectos para ello, si bien no hay acuerdo sobre cuáles son los más eficaces. Mosquitos (sobre todo *Forcipomyia quasiingrami* Macfie y *Lasiohela nana*

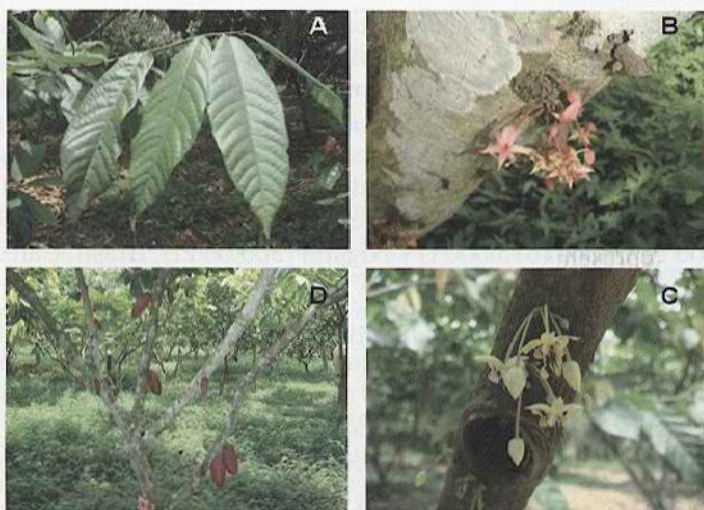


Foto 18.12. Cacao. Hojas (A), flores (B y C) y frutos (D).

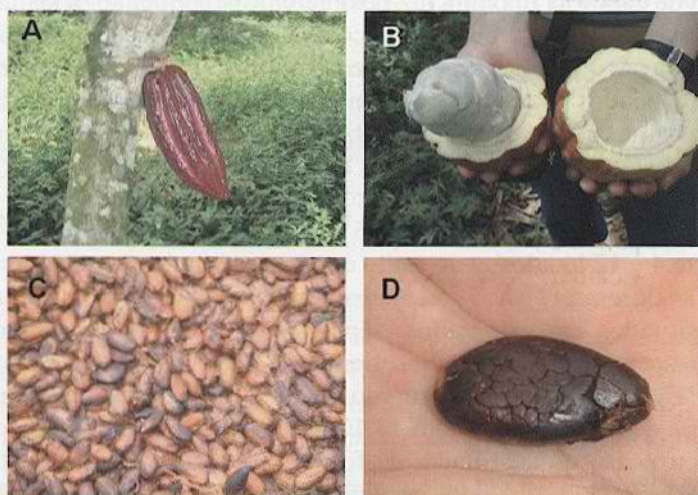


Foto 18.13. Cacao. Fruto desarrollado en el tronco de un árbol (A), fruto abierto mostrando la pulpa (B), semilla en proceso de secado y semillas recién fermentadas y en secado natural.

Macfie), hormigas (*Crematogaster* spp.), áfidos, thrips y abejas se han señalado como agentes polinizadores. Además, algunas plantas son autoincompatibles, pero producen bien en presencia de otras con polen compatible. Finalmente, las flores se hallan presente a lo largo de todo el año y, por tanto, coexisten flores y frutos a la vez en el mismo árbol.

Existen unas 20 **variedades** de Cacao, pero solo tres tienen importancia comercial: 1) 'Forastero', de origen africano. Es la más importante ya que el 80%-

90% del cacao que se produce procede de ella. Muy productiva y resistente a enfermedades. Debido a su perfume y sabor amargo, se utiliza para mezclarlo con otros de mayor calidad. 2) 'Criollo', se cultiva en pequeñas áreas de zonas muy tradicionales de Venezuela. Aunque es poco productivo y el árbol es muy delicado, es muy apreciado por su elevado contenido en teobromina y por su alta calidad. La famosa variedad ecuatoriana 'Nacional' no es más que una variante del 'Criollo'. Produce un chocolate cremoso y fuerte, aromático, poco amargo y de sabor muy delicado. Solo representa, sin embargo, entre el 5% y el 10% de la producción mundial. 3) 'Trinitero', cultivado exclusivamente en Antillas, es un híbrido de los dos anteriores y reúne sus mejores características. Resistente a enfermedades, muy aromático, ligeramente ácido y de sabor fuerte, produce un chocolate de muy alta calidad. Supone entre el 10% y el 15% de la producción mundial.

Los **factores climáticos** más importantes en el cultivo de esta especie son la temperatura y la lluvia. El cacao no soporta temperaturas bajas, siendo su límite medio anual de 21 °C, por debajo de la cual no florece. Asimismo, requiere de una pluviometría anual entre 1.500 y 2.500 mm en las zonas bajas más cálidas y entre 1.200 y 1.500 mm en las zonas más frescas o los valles altos, pero al mismo tiempo es ensible a la asfixia radical, por lo que precisa de suelos con buen drenaje.

El cacao es un cultivo umbrófilo. Al inicio de la plantación es necesario sombrear las plantas para reducir la cantidad de radiación y limitar la actividad de la planta. Cuando el cultivo ya se ha establecido se reduce el sombreado hasta un 25%-30%. Este sombreado se lleva acabo intercalando otros cultivos, particularmente plátano y especies maderables (laurel, cedro, etc.) y frutales (cítricos, aguacate, zapote, árbol del pan, etc.). El Cacaotero es sensible al viento continuo que provoca desecamiento y caída de hojas.

El cacao se adapta bien a diversos tipos de **suelo**, pero prefiere los suelos muy ricos en materia orgánica, profundos, franco-arcillosos, con buen drenaje y topografía regular. Es común, por ello, el empleo de plantas leguminosas auxiliares que fijan nitrógeno al mismo tiempo que proporcionan materia orgánica. Se desarrolla bien a valores de pH entre 4,0 y 7,0.

El árbol se cultiva en vaso, con un tronco bien definido (0,50-0,80 m) y 3-5 ramas principales. La **poda** anual se limita a la eliminación de ramas secas, enfermas y entrecruzadas. La altura del árbol se limita a 4-7 m.

La forma más antigua y extendida de **propagación** es por semilla, pero dada la variabilidad que ello supone, cada vez más, sobre todo en las grandes plantaciones, se propaga mediante injerto, bien de plancha, bien de púa.

El **marco de plantación** de las variedades de cacao dulce es de 3,5 a 4,5 m de distancia. Las variedades de cacao amargo y los híbridos, más vigorosos, se plantan a 5-6 m de distancia. La tendencia actual de las nuevas plantaciones es colocar todas las variedades a intervalos de 3,5 y hasta 3,75 m.

El Cacaotero florece dos veces al año, siendo la floración más importante la que tiene lugar en junio-julio. En septiembre-octubre tiene lugar una segunda floración menos abundante. El periodo de maduración de los frutos es de 4-6 meses, dependiendo de la altitud y la temperatura. De este modo, la primera cosecha se concentra en los meses de octubre, noviembre y diciembre, y la segunda durante marzo y abril.

La **recolección** se realiza manualmente, con la ayuda de un cuchillo, distinguiendo la madurez de los frutos por su coloración externa. En esta especie, el cambio de color puede ser muy ligero y se corre el riesgo de no cosechar a tiempo frutos que han alcanzado su plena madurez. El momento de recolección se decide cuando las variedades de fruto rojo han tomado un color anaranjado-bermellón y los de fruta amarilla un color amarillo-verdoso. Esta suele ser cada 7-10 días. Es frecuente aplicar un desinfectante en el extremo del pedúnculo del fruto recolectado para la evitar la transmisión mecánica de enfermedades. Los frutos defectuosos, enfermos o afectados de plagas se destruyen directamente en el campo y se entierran. Los frutos sanos se abren en el campo para extraer las semillas y trasladarlas al centro de procesado.

Las semillas, junto con parte de la pulpa, se llevan a fermentar. Este es el proceso que da la calidad propia del cacao para hacer chocolate: se limpian las semillas, se mata el embrión y se da buena presentación a las semillas. Para ello se precisa de lugares acondicionados y bien ventilados. Si los granos no fermentan, el proceso se realiza mal o en forma deficiente, se produce el llamado cacao corriente. Durante el proceso, la acción combinada de temperatura, alcoholes, ácidos, pH y humedad mata el embrión, disminuye el sabor amargo por la pérdida de teobromina y se producen las reacciones bioquímicas que forman el chocolate. La duración del proceso de fermentación no debe ser superior a 3 días para el cacao del cv. 'Criollo' y de 8 para el de 'Forastero'. Posteriormente se lavan las semillas y se secan, pasando de una humedad del 55 % al 6-8 %. Durante este tiempo el cacao termina de realizar los cambios para obtener el sabor y aroma a chocolate. También se producen cambios en el color, apareciendo el color típico marrón del cacao fermentado y secado correctamente. El secado puede ser natural, al sol, o artificial mediante el empleo de corrientes de aire seco y caliente. Finalmente se eliminan restos de tierra, partículas sueltas de la cáscara de la semilla y granos rotos, se ensacan y se almacenan hasta su transporte.

En cuanto a la **fertilización**, se aconseja la incorporación, a los 3 meses del trasplante, de 100 g de un fertilizante tipo 20-10-5-2. Durante el primer y segundo años se fertiliza con 60 g de N, 30 g de P_2O_5 , 24 g de K_2O por planta y año. A partir del tercer año, el abonado se incrementa hasta los 80-100 g de N, 40 de P_2O_5 y 30 de K_2O . En general se aconseja aplicar los fertilizantes en tres o cuatro aplicaciones.

Las principales **plagas** del Cacao son los áfidos, lepidópteros, hormigas, ácaros y thrips. Los hongos *Phytophthora* spp. y *Ceratocystis fimbriata*, son las **enfermedades** más graves de esta especie, el primero atacando al fruto, el segundo al árbol entero matándolo.

7.1. Referencias bibliográficas

Chávez, A. y Mansilla, J. 2004. *Manual del cultivo del cacao*. Ministerio de Agricultura, Perú.



Fruticultura es un texto que revisa el cultivo de las especies frutales de zonas templadas, con alguna extensión a las de origen tropical, atendiendo, prioritariamente, a los conceptos básicos del desarrollo de estas especies y su relación con el medio ambiente. Así, tras un estudio morfológico de la planta, la obra aborda la influencia

del clima y el suelo en su comportamiento, el intercambio energético con la atmósfera y los aspectos básicos del suelo como sustrato para su nutrición mineral.

El estudio de la fisiología del árbol frutal, esto es, la brotación y floración, el cuajado de la flor y el crecimiento del fruto, su maduración y senescencia, así como el estudio de la prolongación de su vida post-cosecha, constituye la parte central del libro. En la medida en que todo ello es bien comprendido, tiene sentido el establecimiento de técnicas capaces de orientar el desarrollo del árbol frutal hacia los intereses agronómicos, es decir, la tecnificación del cultivo. De ahí que a todo ello le sigue un capítulo de técnicas agronómicas basadas en los conocimientos adquiridos en los capítulos que le preceden.

La parte final atiende el estudio pormenorizado de los diferentes grupos de especies frutales, siguiendo un esquema genérico que facilita el seguimiento. Se revisan las principales variedades en cultivo, su adaptación ecológica, nutrición y fertilización, plagas y enfermedades más frecuentes y más importantes, los patrones en uso, su adaptación a las condiciones del medio y su resistencia a agentes abióticos y bióticos, y algunas técnicas de cultivo específicas de cada uno de ellos capaces de mejorar la producción y la calidad de sus frutos. A esta segunda edición se han añadido nuevas especies de zonas templadas y tropicales por su interés agronómico en alguna zona del planeta o por su importancia comercial.

Avalado por la experiencia de más de 30 años en la Investigación y la Docencia en la Universidad, el autor ha elaborado un texto que constituirá un referente de gran utilidad para los estudiantes de agronomía, cubriendo todo lo que es exigible en un curso de fruticultura de nivel universitario. Se presenta, pues, un libro puesto al día en todos los aspectos que se revisan y dirigido a los estudiosos y profesionales de la Fruticultura que ayudará, sin duda, a mejorar el cultivo y la rentabilidad de las explotaciones frutales de zonas templadas.

